

**Studijní program B2341 - Strojírenství**

**Studijní obor: 2302R022 Stroje a zařízení**

**Zaměření: Sklářské stroje**

## **Automatické ořezávání fólie na lince matování plochého skla**

**(Automatic cutting of foil on flat glass matting line)**

**KSR -**

**Tomáš KORDIAK**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D.**

**Konzultant diplomové práce: Marek Gärtner**

**Rozsah bakalářské práce:**

<b>Počet stran:</b>	<b>53</b>
<b>Počet tabulek:</b>	<b>6</b>
<b>Počet obrázků:</b>	<b>33</b>
<b>Počet výkresů:</b>	<b>17</b>

**Datum odevzdání: 25.5.2012**



## **Anotace**

Tato práce je zaměřena na vytvoření variant automatizace ořezávání přebytků fólie při výrobě jednostranně matovaného skla Matelux v závodě AGC Flat Glass Czech a.s., člen AGC Group – Závod Barevka v Dubí u Teplic

V teoretické části je vysvětlena technologie výroby a popsán problém vzniklý při výrobě. Praktická část je zaměřena na vytvoření použitelných variant, z nichž je jedna na základě rozhodovací analýzy podrobně konstrukčně zpracována.

Výsledkem práce je návrh automatizovaného ořezávání přebytků fólie.

**Klíčová slova:** Ploché sklo, matované sklo Matelux, aplikace ochranné fólie, automatické ořezávání fólie

## **Abstract**

This Thesis is focused on the creation of variants of automatization cutting leftovers of foil in the production of oneseide acid-etched glass Matelux at AGC Barevka.

In theoretical part is explained production technology and described the problem arisen in production. The practical part is focused on creating usable variants, which is one detailed construction developed based on the decision analysis.

The result of this work is concept of automated cutting leftovers of foil.

**Key words:** Flat glass, acid-etched glass Matelux, application of protective foil, automatic cutting of foil

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce **Ing. Vlastimilu Hotařovi, Ph.D.** za cenné rady, neobvyklou trpělivost a pomoc při psaní bakalářské práce.

Dále pánům **Ing. Davidu Karafiátovi** a **Petru Hennebichlerovi** z AGC Brevka a **Ing. Michalu Starému, Ph.D.** z TUL za ochotu, poskytnutou dokumentaci a cenné rady pro vlastní technické řešení.

# Obsah

1 ÚVOD.....	9
2 POPIS TECHNOLOGIE.....	10
2.1 Základní princip technologie.....	10
2.2 Pracovní postup na lince.....	10
2.3 Cíl bakalářské práce.....	16
2.4 Rešerše v rámci automatizace ořezávání .....	17
2.5 Podmínky pro návrh automatického ořezávání fólie .....	18
3 ŘEŠENÍ VE VARIANTÁCH.....	19
3.2 Podélné ořezávání .....	20
3.2.1 Varianta 1 – úprava polohy tabule skla.....	20
3.2.2 Varianta 2 – využití snímání polohy .....	21
3.2.3 Varianta 3 – využití mechanického prvku.....	22
3.3 Výběr varianty pro podélné řezání.....	24
3.4 Příčné ořezávání.....	25
3.4.1 Varianta 1 – úprava nalepovacího mechanismu.....	25
3.4.2 Varianta 2 – otočné lineární vedení.....	26
3.4.3 Varianta 3 – lineární vedení.....	27
3.5 Výběr varianty pro příčné řezání.....	28
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VYBRANÉ VARIANTY .....	29
4.1 Konstrukční řešení podélného ořezávání.....	29
4.2 Konstrukční řešení příčného ořezávání.....	42
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	49
6 ZÁVĚR.....	51
Seznam použité literatury .....	52
Seznam výkresové dokumentace.....	53

## Seznam použitých symbolů a značek

AGC – Asahi Glass Company

PLF - Pleine Largeur Float – plný formát (rozměr)

DLF – Demi Largeur Float – poloviční formát (rozměr)

PE - Polyethylen

ČSN - Česká státní norma

ČSN EN – Převzatá evropská norma

EN - Evropská norma

DIN – Německá státní norma

<b>Veličina</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Název veličiny</b>
D	[m]	dráha
F	[N]	síla
k	[N·m <sup>-1</sup> ]	tuhost pružiny
E <sub>k</sub>	[J]	kinetická energie
v	[m·s <sup>-1</sup> ]	rychlost
m	[kg]	hmotnost
V	[m <sup>3</sup> ]	objem
ρ	[kg· m <sup>3</sup> ]	hustota
G	[MPa]	modul pružnosti ve smyku
Δl	[m]	rozdíl volné délky a maximálně přípustné délky pružiny
d	[m]	průměr pružinového drátu
D <sub>p</sub>	[m]	střední průměr pružiny
n	[ - ]	počet závitů
F <sub>8</sub>	[N]	maximální vyvinutá síla v zatíženém stavu
F <sub>i</sub>	[N]	osová síla v šroubu - síla předpětí šroubového spoje
R <sub>p 0,2</sub>	[MPa]	smluvní mez kluzu materiálu šroubu
A <sub>s</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	výpočtový průřez šroubu
d <sub>2</sub>	[mm]	střední průměr šroubu
d <sub>3</sub>	[mm]	malý průměr šroubu
P	[mm]	stoupání závitu
f	[mm]	průhyb
g	[m·s <sup>-2</sup> ]	gravitační zrychlení

L	[mm]	délka nosníku
E	[MPa]	modul pružnosti
I	[cm <sup>4</sup> ]	moment setrvačnosti ( $I_x = I_y$ )
l	[mm]	výpočtová délka svaru
a	[mm]	velikost svaru – výška rovnoramenného trojúhelníka
$\tau$	[MPa]	napětí ve smyku
$\tau_{DOV}$	[MPa]	dovolené napětí ve smyku
Rm	[MPa]	mez pevnosti v tahu
$\sigma_{DOV}$	[MPa]	dovolené napětí v tahu
a	[mm]	rozměr pantu
b	[mm]	rozměr pantu
d	[mm]	průměr osičky



# 1 ÚVOD

Během několika posledních let se sklo dostalo při navrhování interiérů do popředí zájmu a stále se hledají nové způsoby jeho využití. Sklo, které je ve své široké škále produktů elegantním a designově nápaditým materiálem, propůjčuje interiéru moderní ráz. Díky svým vlastnostem prosvětluje a opticky zvětšuje prostor, proto je velmi vyhledávaným prvkem zejména v komerčních, ale i rezidenčních budovách. Jedním z poslední dobou využívaných skel je sklo matované.

Matované sklo je výsledek působení chemického roztoku na sklo. Tato metoda nijak nenarušuje mechanické a tepelné vlastnosti základního materiálu. Díky této povrchové úpravě je výsledkem matné průsvitné sklo, které jemně rozptyluje procházející světlo. Matované sklo vyniká svým saténovým vzhledem, průsvitností, hebkým povrchem s jemnou a stejnorodou zrnitostí.

Výrobní závod AGC Barevka v Dubí u Teplic se mimo jiné právě zabývá výrobou matovaného skla známého pod obchodní značkou Matelux.

Základní surovinou (polotovarem) pro výrobu skla Matelux je ploché plavené sklo (dodávané z výrobního závodu AGC Teplice - Řetenice). To je opracováno – a to buď jednostranně, nebo oboustranně (podle požadavků zákazníka) – chemickým roztokem, čímž je dosaženo požadovaného výsledku. Tedy matné, průsvitné tabule.

V případě jednostranného zušlechtní je nutné jednu stranu chránit proti účinkům matovací lázně. K tomuto účelu se používají polyethylenové (PE) folie. Zakládání skla, manipulace se sklem, proces nanesení folie, samotné matování, odstranění folie a odnímání výrobků je automatické. Ručně je prováděna mezioperace ořezání folie na delších i kratších stranách tabule, v některých případech nanesení ochranné pásky, zamezující průniku kyseliny z boků tabule pod ochrannou fólii. Dále je ručně prováděná příprava pro odstranění folie po matování.

Ořezání přebytku folie je jedním z úzkých míst výrobní linky a zpomaluje výrobní cyklus linky. Bakalářská práce se zabývá možnostmi automatizace ořezávání přebytků folie na delších i kratších hranách a navrhuje konstrukční řešení vybraných variant.

## 2 POPIS TECHNOLOGIE

Výroba skla Matelux probíhá na výrobní lince skládající se z jednotlivých sekcí. Hlavní část celé výrobní linky je matovací lázeň, kde dochází k samotné povrchové úpravě a tedy vzniku matovaného skla.

### 2.1 Základní princip technologie

Technologie výroby matovaného skla Matelux spočívá v matování povrchu tabule skla (která do procesu vstupuje ve své originální kvalitě – tedy v kvalitě float). Tabule tak získá charakteristický vzhled matovaného skla (průsvitné, neutrální a hebké).

Matování se provádí v chemické lázni, obsahující převážně hydrogendifluorid amonný ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ ) a kyselinu fluorovodíkovou (HF). Jelikož tabule skla prochází matovací lázní, je nutné ochránit před účinky chemického roztoku tu stranu, která nemá být matována (pouze při požadavku jednostranného matování). Při jednostranném matování se matuje ta strana tabule, která nebyla při výrobě základního polotovaru (ploché sklo float) v kontaktu s cínovou lázní. Důvodem je zbytkový cín po výrobě plochého skla plavením, kdy by při reakci s matovacím roztokem vznikal nežádoucí produkt (fluorid cínitý -  $\text{SnF}_4$ ) znehodnocující povrch (vznikala by šedá mapa). Nematovaná strana je chráněna pomocí nalepovací polyethylenové (PE) fólie firmy Novacel (o různých tloušťkách v závislosti na tloušťce matovaného skla), která je odolná vůči účinkům chemického roztoku a současně nezanechává stopy na povrchu skla po jejím aplikování a pozdějším odstranění.

Ochranná fólie se skládá ze dvou pásů přesazených při aplikaci přes sebe a na okraji přesahujících hranu tabule tak, aby byla bezpečně ochráněná celá šíře tabule skla. Před vstupem do matovací lázně se tyto přebytky přesahující hrany tabule odstraňují. Z důvodu možnosti nedokonalého přilnutí fólie k tabuli skla se dále čelní (kratší, příčné) hrany zabezpečují speciální ochrannou páskou tak, aby nedošlo ke vniknutí matovacího roztoku pod ochrannou fólii a tím znehodnocení tabule skla.

### 2.2 Pracovní postup na lince

V současné době fungují v závodě AGC Brevka dvě linky pro výrobu matovaného skla Matelux – linky PLF a DLF. Tabule, která se zpracovává, má jednotnou šíři 3210 mm. Délka se mění v rozpětí 2000 – 6000 mm a tloušťka 3 – 12 mm. Označení PLF / DLF udává, o jaký formát (rozměry) tabule skla se jedná. Rozdíl mezi PLF a DLF je pouze ve

zpracovávané délce tabule skla, šíře se nemění.

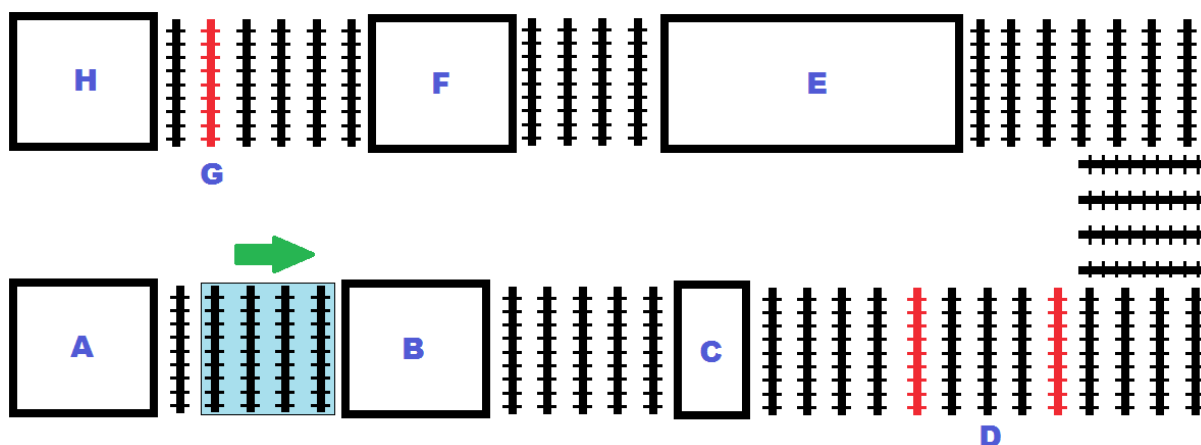
### Cyklus Linky:

Linka je tvořena jednotlivými pozicemi a přesun tabule skla mezi nimi je vyřešen poháněným rolnovým dopravníkem. Linka začíná nakládacím robotem a končí kontrolním stanovištěm (výstupní kontrola kvality matování). Celá linka je automatizována s výjimkou stanoviště pro ořezávání fólie a aplikaci ochranné pásky

Rychlost posunu tabule skla po dopravníku je 6-8 m/min.

Celá výrobní linka je sestavena z těchto jednotlivých pozic (*obr. 1*):

Robot (A) → Myčka (B) → Aplikace fólie (C) → Ruční ořezávání + aplikace ochranné pásky (D) → Matovací lázeň (E) → Myčka (F) → Snímání fólie (G) → Kontrola a expedice (H)



*Obr. 1 Schéma matovací linky*

#### Robot (A):

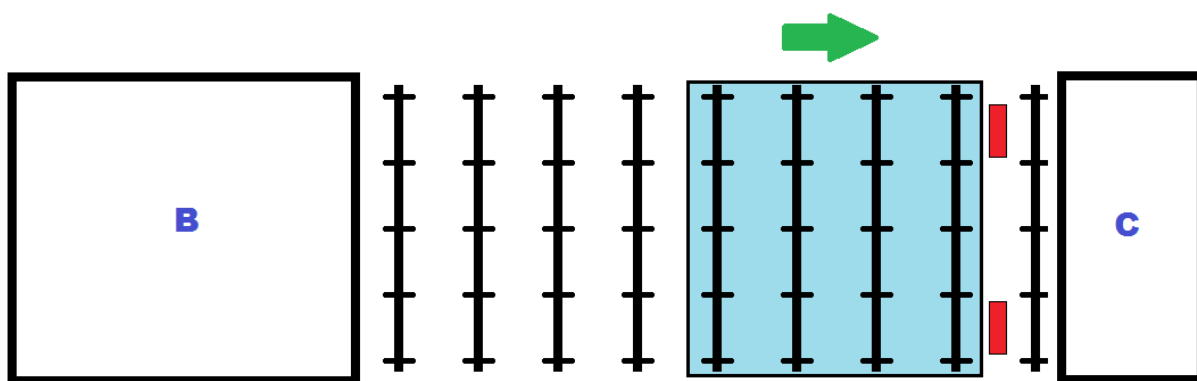
Nakládka tabulí skla na linku probíhá pomocí robotu KUKA se savkovým vývěvovým rámem (jedná se o vakuový manipulátor sloužící pro transport skel), který využívá podtlak na úrovni -60 kPa. Robot na svém stanovišti nabírá tabule skla ze stojanu a pokládá je na začátek rolnového dopravníku. Pokládka tabulí skla probíhá vždy na stejné místo. Nevýhodou je, že tabule skla ve stojanu nejsou nikdy přesně ve stejné pozici a tím pádem i na dopravníku je vždy v rozdílné pozici. Nepřesnost v nakládce je v řádu jednotek milimetrů.

Podmínkou, která musí být splněna pro tabule skla ve stojanu, je umístění tabulí, tak aby robot pomocí savkového rámu uchopil necínovou stranu skleněné tabule. Cínová strana je pak ta, která je v kontaktu s rolnovým dopravníkem a na kterou je pak nalepena ochranná fólie.

### Myčka (B):

V myčce na pozici **B** dochází k odstranění nečistot a mastnoty na tabuli skla způsobené dopravou do výrobního závodu, následnou manipulací a nakládkou na dopravník. Čištění probíhá kartáči a pitnou či demineralizovanou vodou. Následně probíhá sušení vzduchem.

Před průchodem zařízením na aplikaci ochranné fólie (pozice **C**) je tabule skla na dopravníku srovnána dvojicí dorazů (ovládány pneumaticky, *obr. 2*). Pokud je matována velká tloušťka skla, tak se dorazy nepoužívají z bezpečnostních důvodů (pohybující se hmota by je mohla „urazit“).



*Obr. 2 Schéma umístění dorazů*

### Aplikace fólie (C):

Zařízení na aplikaci fólie (*obr. 3*) slouží k nanesení ochranné fólie na spodní stranu tabule skla tak, aby došlo k ochraně skla před účinky matovacího roztoku (tj. aby sklo zůstalo ve své původní kvalitě float). Zařízení lze v programovém systému provozovat pouze v automatickém režimu. Úkolem obsluhy je zejména kontrola a výměna rolí s fólií.

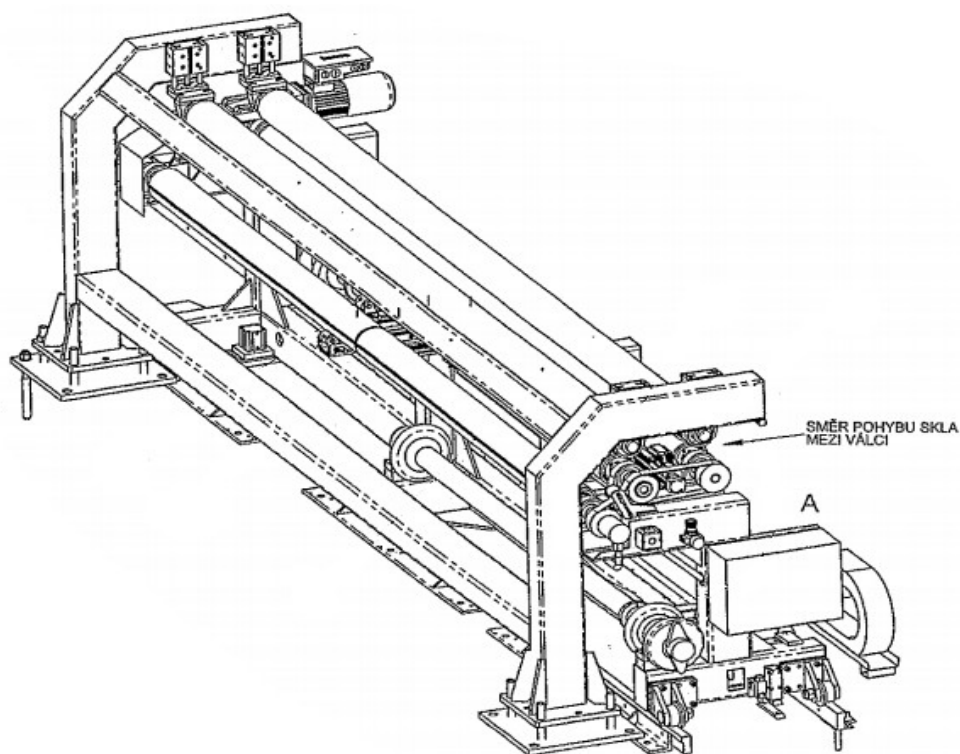
Šíře role fólie je 1650 mm. Obě fólie mají celkovou šíři větší než je vyráběná šíře tabule skla. Fólie musí být vždy nastaveny tak, aby se ve středu překrývaly minimálně o 30 mm. Z důvodu ne zcela přesného vycentrování tabule skla na zásobních stojanech se nedoporučuje volit krajní přesah folie do stran menší než 15 mm.

Tloušťka fólie je závislá na tloušťce matovaného skla. Při matování skla od 3 mm – 6 mm je využívána tloušťka ochranné fólie 35  $\mu\text{m}$ . U tloušťky 7 a více mm je využívána ochranná fólie o tloušťce 50  $\mu\text{m}$ . Při použití slabší fólie může docházet vlivem váhy tabule k roztržení fólie o válečky rolnového dopravníku v místech, kde při aplikaci došlo ke vzniku sebemenší bubliny.

Zařízení na aplikaci fólie je rozděleno na dvě poloviny, kde se ukládají dvě fólie stejných šíří tak, že po navedení mají vždy přesah jedna přes druhou. Fólie jsou uloženy na kovových upínacích hřídelích. V hřídelích jsou vyvrtány otvory, kterými je využíván přetlak vzduchu (400 kPa) k zamezení posunu rolí fólie po hřídeli. Správný tlak se ověřuje na tlakoměru. Fólie jsou navedeny přes „systém tanečníků“ (systém kovových válců na sklo) a přilepeny – přitlačeny pomocí čtyř pogumovaných válců (dva zespodu - dva svrchu). K oddělení tabulí přilepených na fóliových páslech slouží řezací kolečko provádějící řez v mezeře mezi tabulemi vytvořené pomocí optických čidel.

Řezací kolečko provádí řez napříč šíří pasu. Zamezení nežádoucího říznutí řezacího kolečka do skla zabezpečují optická čidla.

Přítlak vrchních pogumovaných válců se může regulovat pomocí tlakoměru. Větší přítlak (než je stanovený rozsah) způsobuje prohnutí válců a následné přílišné natažení fólie, případné tvoření bublin na nanesené fólii.



**Obr. 3** Zařízení na aplikaci fólie

#### Aplikace ochranné pásky (D):

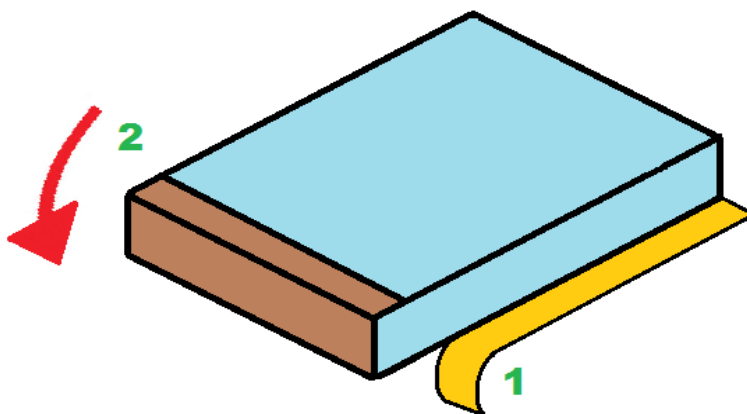
Po aplikaci fólie na spodní stranu tabule skla je tabule odesílána na pozici linky (*obr. 1, D*) - ruční olepování hran. Po dojezdu na tuto pozici se sklopí sklopky rolnového dopravníku (*na obr. 1, označeno červeně*) a deaktivuje se automatická optická závora. Na této pozici jsou obsluhou manuálně odříznuty přebytky fólie (jak příčné, tak podélné) a ochráněny hrany tabule speciální páskou (*obr. 4*) proti možnému podtečení matovacího roztoku pod ochrannou fólii (a tudíž na sklo – čímž by došlo k znehodnocení výrobku).

Důvodem, proč se příčné hrany chrání ochrannou páskou, je nižší přítlak přítlačných válců uprostřed tabule skla. Nižší přítlak je dán jejich vlastní vahou (80kg) a tím pádem jejich průhybem. Proto jsou chráněny kratší hrany skla a to z důvodu pojezdu tabule přes všechny rolny dopravníku linky, kde je největší potenciální možnost odloupnutí fólie z povrchu skla.

K ochraně hran je používána speciální ochranná páska šíře 25 mm nebo 40 mm (opět v závislosti na tloušťce skla a použité ochranné fólie), která se aplikuje po celé šíři tabule skla a to vždy z budoucí matované strany (tj. horní) na stranu, která je chráněná fólií (tj. spodní). Přesah ochranné pásky do tabule skla nesmí být větší než 30 mm. Po aplikaci pásky musí být páska řádně nalepena („přihlazená“) k tabuli (vytlačení možných bublin) a přečnívající části odříznuty stejně jako fólie.

Po ukončení operace je na ovládacím panelu linky potvrzeno ukončení, následně se zvednou sklopky rolnového dopravníku, aktivuje se automatická optická závora a tabule odjíždí na další pozici linky – matovací lázeň (E).

Při matování skla tloušťky 8 mm a skla silnějšího je zapotřebí chránit ochranou páskou všechny čtyři hrany tabule. Vlastní váha tabule je již velká a hrozí nedokonalé přilnutí maskovací fólie na okrajích tabule skla.



**Obr. 4** Odstranění přesahu fólie (1) a aplikace ochranné pásky (2)

#### Matovací lázeň (E):

Jedná se o uzavřený a vzduchotechnikou oddělený tunel, kde dochází k chemickému narušování povrchu tabule skla (matování). Čas matování u všech vyráběných formátů tabulí je 10 minut. Protože se jedná o provoz s využitím velmi nebezpečných chemikálií, tak zde platí přísné bezpečnostní předpisy a opatření.

#### Myčka (F):

Druhá myčka zařazená v lince slouží k dodatečnému očištění tabule skla od matovacího roztoku.

#### Snímání fólie (G):

Zařízení pro snímání fólie slouží k bezpečnému sejmutí fólie z chráněné strany tabule skla po dokončení matovacího procesu. Tabule s nanesenou fólií přijíždí z předchozího pracoviště na dopravník odlepování fólie, kde se zastaví před snímacím válcem. Po zastavení a možnosti manipulace vstoupí obsluha do pracovního prostoru, odstraní ze snímacího válce fólii z předchozí tabule. Odstraní obvodovou ochranou pásku. Po té je ze spodní strany oddělena fólie, navede se na pryžový snímací válec (válec má na „těle“ navrtán sady otvorů pro podtlakové uchopení – přisátí fólie k válci). Při odjíždění tabule směrem ke kontrolnímu stolu dochází k sejmutí fólie z tabule (fólie se natočí na snímací válec).

#### Kontrola a odnímání tabule skla (H):

Výstupní kontrola po procesu matování. Kontroluje se pomocí světelného pozadí, zda nedošlo k podtečení matovacího roztoku pod ochrannou fólii.

#### Nakládání s odpadem:

Zbytky pásky a fólie jsou tříděny z důvodu recyklace. Odkládají se do příslušných „klecí“ a následně se slisují a ukládají do skladu ostatního odpadu.

## 2.3 Cíl bakalářské práce

Při odstraňování přebytků fólie po automatickém nalepení musí obsluha oříznout přesah fólie na tabuli o maximální délce hrany 6000 mm a následně aplikovat ochrannou pásku na kratší (čelní) strany tabule – ve zvláštních případech po celém obvodu tabule. Cílem je vytvořit několik možných variant, jakým způsobem lze zautomatizovat proces ořezávání tak, aby se obsluha mohla věnovat jen aplikaci ochranné pásky na hrany tabule. Na základě rozhodovacích analýz budou vybrány nejvhodnější varianty a ty dále konstrukčně rozpracovány. Uvedené varianty budou moci být použity na obou linkách. Tedy PLF i DLF.

Výsledkem automatizace je pak zajištěna větší bezpečnost práce, urychlení výrobního procesu a ekonomické úspory.

### **Cíle v zadání byly specifikovány takto:**

1. Na základě rozboru sortimentu a výrobního procesu stanovit podmínky pro návrh řešení automatického ořezávání fólie s ohledem na různé tloušťky skla (kap. 2.5).
2. Navrhnout koncepční řešení ořezávání fólie ve variantách a provést výběr varianty pro konstrukční řešení (kap. 3).
3. Zpracovat podrobné konstrukční řešení vybrané alternativy formou sestavného výkres zařízení pro podélné a příčné ořezání a podstav hlavních uzlů s vybranými výrobními výkresy u podélného ořezávání (kap. 4).
4. Technicko-ekonomické zhodnocení přínosů a využitelnosti navrženého řešení (kap. 5).



## 2.4 Rešerše v rámci automatizace ořezávání

Při nynějším stavu výroby v AGC Barevka musí obsluha manuálně ořezávat přebytky (příčné i podélné) a aplikovat ochrannou pásku tam, kde je to třeba.

V současné době výrobci matovaného skla využívají účinků matovacího roztoku, nebo výroba probíhá za pomoci otryskávání povrchu skla křemičitým pískem – tzv. sandblasting.

Při využití matovacího roztoku je nematovaná část chráněna fólií či vrstvou ochranného vosku. V rámci vypracovávání rešerše jsem oslovil prostřednictvím mailového dotazu několik firem z celého světa (přiblížení jejich způsobu výroby matovaného skla, způsob ochrany nematované části).

Výsledkem bylo většinou nezodpovězení dotazu, případně odkázání na výrobní tajemství. Proto není možné podat informace o způsobu výroby jednostranně matovaných skel u jiných výrobců.

Výběr z oslovených společností:

firma – název výrobku - stát

Guardian - Satin Deco Acid Etched Glass – USA

Walker Glass - Walker Textures Acid-etched Glass – USA

OmniDecor – DecorFlouGlossy - Itálie

AEON Glass Co. Ltd - Acid Etched Glass - Čína

Crystal Stone Glass Co., Ltd - Acid Etched Glass - Čína

Shanghai Shine Glass Co., Ltd. - Acid Etched Glass - Čína

Saint-Gobain - Charme, Satinovo- Francie

Pilkington - Optifloat Satin – Velká Británie

## 2.5 Podmínky pro návrh automatického ořezávání fólie

Hlavní podmínka pro návrh je respektování současné prostorové zastavěnosti linky. Z tohoto důvodu nelze využít velkých přídavných zařízení umístěných mimo linku pro případnou manipulaci s tabulí skla (například robot). Proto pro automatizaci máme dva prostory. Zařízení pro aplikaci fólie (nalepovací stroj) a rolnový dopravník (před nalepovacím strojem i po něm). Oba tyto prostory mají rozdílné prostorové, konstrukční a technologické možnosti.

Základním problémem automatizace podélného ořezávání je malý příčný pohyb tabulí (maximálně 10 mm) na lince, který je způsoben technologií mytí a následně nanášení fólie. Tento malý posun má vliv na celkovou filozofii návrhu automatického ořezávání. Přístupy jsou v zásadě dva. Prvním je přesná detekce hrany a následné ořezání. Druhou možností je umístění ořezávacího nože tak, aby byl schopen uvedené rozdíly v pozici tabule eliminovat.

Pro realizaci automatizace v prostoru rolnového dopravníku lze využít místa nad i pod dopravníkem. Samotný rolnový dopravník má šíři 3000 mm a rozteč mezi rolnami 250 mm. Tabule skla má šířku 3210 mm. Kdybychom považovali centrování tabulí skla na dopravník za ideální, tj. přesně na střed bez jakékoliv nepřesnosti způsobené technologií, vycházel by na obou stranách přesah tabule přes dopravník 210 mm (105 mm na každé straně).

Nalepovací stroj má prostor vymezený tabulemi skla, přitlačnými válci a lineárním vedením s řezacím kolečkem (pro příčné dělení fóliového pásu). Mezera mezi tabulemi (vzniklá technologií nalepování fólie) se mění v závislosti na vyráběné tloušťce tabule od 50 mm do 70 mm. Bohužel se může stát, že je mezera asymetrická (tj. vzdálenost od hrany tabule k řezacímu kolečku není na obě strany stejná). Dochází ke zkroucení tabule v myčce a zarovnávací dorazy (*obr. 2*) na dopravníku před nalepením fólie si s tím již neumí poradit – markantní je to u větších tloušťek (8 mm – 12 mm) a delších tabulí. Symetrie polepené a nepolepené tabule vychází z mezery a pohybuje se od 35 mm do 25 mm. Vzdálenost od saní lineárního vedení a tabule skla je 41,5 mm.

Z důvodu technologického omezení (možné odlepování fólie, tvorba střípků na horním povrchu tabule) pro příčné dělení v mezeře nalepovacího stroje, nelze využívat napnutou fólii a dvojici řezacích nožů přesně naváděných na rozměr mezery, pro vrchní odříznutí přebytku fólie mezi tabulemi. Další omezení plyne z technologické podmínky nezastavovat tabuli skla při procesu nalepování fólie. Jediné zastavení tabule je v rámci rozdělení fóliového pásu v nalepovacím mechanismu.

### 3 ŘEŠENÍ VE VARIANTÁCH

Cílem je vytvoření několika použitelných variant, které se od sebe liší metodou automatizace a umístěním v lince. Automatizaci můžeme provést s využitím mechanických prvků s vazbou na pohyb linky (jako jsou například pružiny), nebo za pomoci pneumaticky ovládaného přímočarého pohonu, či s využitím elektronicky řízených členů na základě optického snímání polohy.

Nejjednodušší možností jak docílit kompletní automatizace je úprava samotného stroje na nalepování fólie tak, aby při nalepení zároveň prováděl jak ořezávání příčných a podélných přebytků fólie, tak i aplikaci ochranné pásky. Ještě výhodnější než úprava stroje pro vykonávání dalších operací je upravit technologii tak, aby docházelo k aplikaci fólie bez přebytků. Jednalo by se však o nákladnou investici zahrnující vývoj nového stroje, významnou úpravu současné linky (výrazný zásah do prostorového uspořádání, doplnění inženýrských rozvodů, vytvoření zcela nových bezpečnostních a pracovních předpisů, doškolení obsluhu na nový druh stroje, změnit rozměry fólie a případně i dodavatele).

Celé řešení rozdělíme na dvě separátní úlohy ořezávání. Důvodem je velikost zpracovávané tabule skla. Proto nelze využít přídavné polohovací zařízení tak, aby celá operace ořezávání (jak příčných, tak podélných přebytků) mohla být provedena najednou. Každé ořezávání je řešeno zvlášť jako samostatná úloha.

První úloha se zabývá řešením podélného ořezávání a druhá řešením příčného ořezávání.

Součástí celé konstrukce je i nutnost vyřešit problém s odebráním ořezané fólie. Řešení není součástí bakalářské práce, ale pro komplexnost je uvedeno v ekonomickém zhodnocení nákladů. Jako jedna z možných variant je využití výkonného odsávání ořezaných přebytků.

## 3.2 Podélné ořezávání

První možností je využít zařízení k úpravě polohy tabule skla na rolnovém dopravníku. Tím by byla předem daná poloha tabule v rámci nalepování fólie a mohla by být využívána fólie totožné šíře jako tabule skla. Odpadla by nutnost ořezávat podélné přebytky po nalepení a jen by se ořezávala příčná (kratší) hrana a nalepila ochranná páska.

Druhá varianta funguje na principu optického snímání polohy tabule. Optický snímač polohy předá informace řídicí jednotce řezacího mechanismu, který se podle dané polohy nastaví. Díky pojezdu tabule skla po rolnovém dopravníku a nastavení řezacího mechanismu je umožněno ořezávání podélných přebytků.

Třetí varianta vychází z ručního ořezávání. Ořezávací nůž je umístěn v pouzdře s pružinou, díky které je nůž pohyblivý a reaguje na nepřesnost při naložení tabule na rolnový dopravník. Pohyb tabule skla po rolnovém dopravníku odtlačuje ořezávací nůž do té doby, dokud je v trajektorii pohybu tabule. Poté dojde díky pružině k návratu do původní polohy a tím přitlaku nože k hraně tabule a ořezávání podélných přebytků.

### 3.2.1 Varianta 1 – úprava polohy tabule skla

Principem tohoto způsobu je srovnání tabule skla na dopravníku do takové polohy, aby mohla být použita fólie totožné šíře, jako je tabule skla.

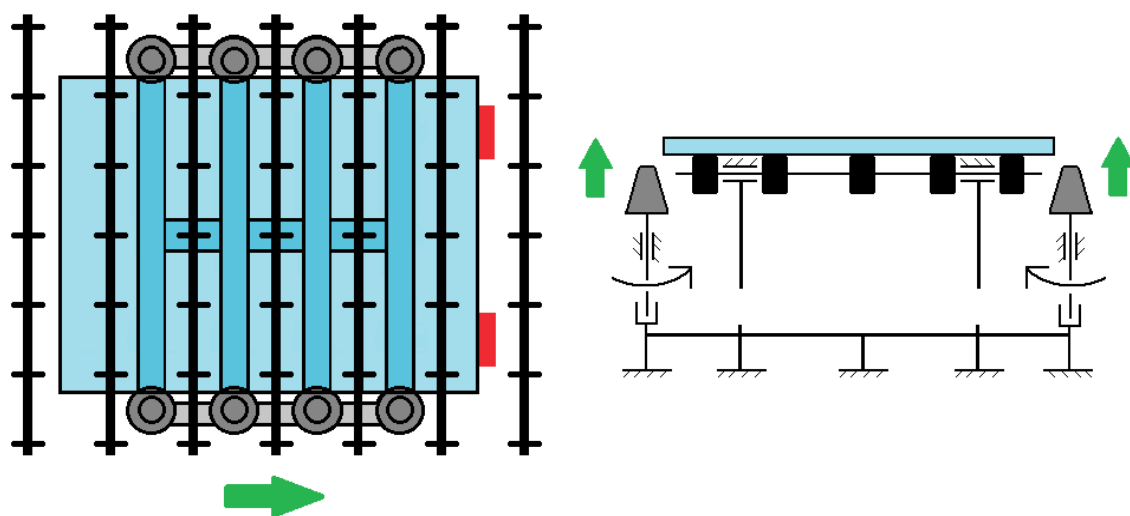
Konstrukce se skládá z párových dvojic otočných výsuvných kuželových čepů (*obr. 5*), příčně vzdálené od sebe požadovanou hodnotu (měnitelná podle šíře tabule skla – pokud by se v budoucnu měnila). Svým rotačním a posuvným pohybem srovnají tabuli skla na dopravníku tak, aby mohla být nanесena ochranná fólie bez podélných přebytků. Pohon čepů zajištěn elektromotory, přenastavení čepů pomocí vodící lišty.

Mechanismus s kuželovými čepy by byl umístěn pod dopravníkem mezi pozicemi myčka (**B**) a aplikace fólie (**C**). Využil by srovnávací dorazy před zařízením na aplikaci fólie, aby tabule skla neměla tendenci při srovnávání „ujíždět“. Kuželové čepy nemají za cíl tabuli zvednout, ale jen příčně srovnat do dané pozice tak, aby mohla být nalepena fólie bez přebytků na podélných stranách

Výhoda této varianty je ve snížení odpadovosti výroby, zvýšení bezpečnosti práce a ekonomické úspory díky zrušení nutnosti podélného ořezávání.

Naopak nevýhoda je díky prodlevě při srovnávání (tabule skla se na srovnávací pozici musí zastavit), tím se prodlužuje doba výrobního procesu a snižuje výrobní kapacita. Nedílnou součástí této varianty bude i nutnost častější výměny kuželových čepů z důvodu

opotřebení otěrem. Otázkou zůstává také nebezpečí poškození hran skleněné tabule.



**Obr. 5** Schéma varianty s kuželovými čepy

### 3.2.2 Varianta 2 – využití snímání polohy

#### Snímání polohy tabule skla na dopravníku dvojicí kamer

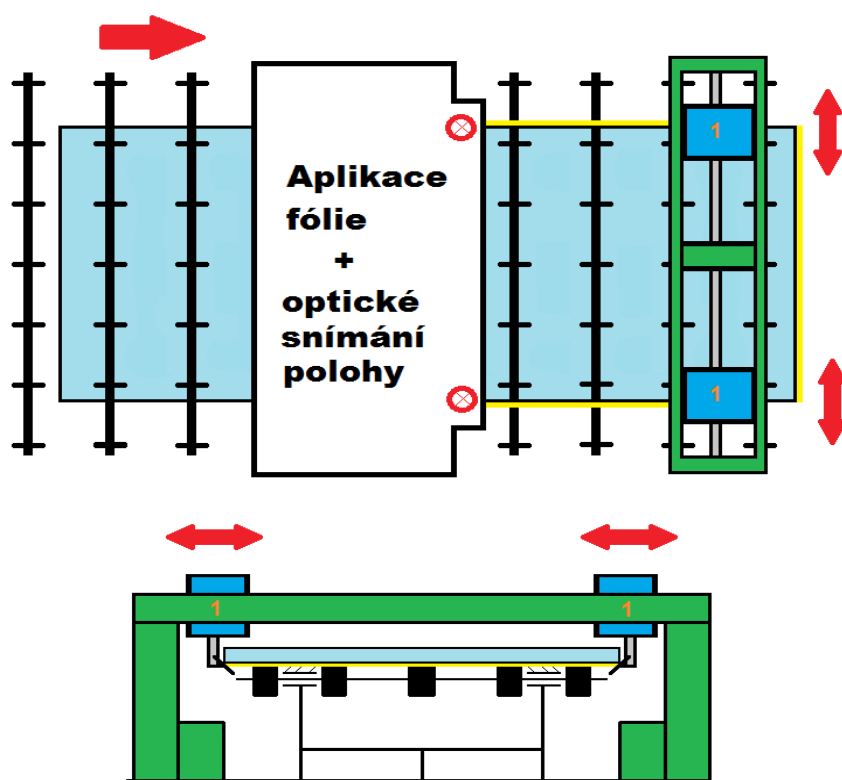
Principem je využití optického snímání polohy hran tabule skla, jeho vyhodnocení a následného nastavení řezacích hlav, ve kterých jsou uloženy řezací nože. Samotné ořezávání vychází ze současného ručního ořezávání

Konstrukce (*obr. 6*) se skládá z dvojice optických snímačů (s možností jejich příčného posunu k pokrytí veškerého možného sortimentu výroby) umístěných na nalepovacím stroji. Řezací hlavy – tedy pohyblivé konstrukce s řezacími noži – jsou umístěny na lineárním vedení a jejich posuv je zajištěn pomocí vodicích šroubů poháněných servomotory. Pomocí řídicí jednotky a dalšího nezbytného softwarového vybavení je zajištěno flexibilní nastavování řezacích hlav podle aktuální pozice tabule a lze tím i reagovat na změny ve výrobním programu.

Lineární vedení s řezacími hlavami by bylo umístěno nad rolnovým dopravníkem za pozicí nalepovacího stroje (C).

Hlavní výhodou je vysoká variabilita pro různý možný sortiment tabulí. Nastavovala by se jen optická čidla do polohy tak, aby byla schopná snímat pozici tabule skla a předávat data do řídicí jednotky, která nastaví polohu řezacích hlav. Mezi další výhody patří zvýšení bezpečnosti a zrychlení výrobního cyklu.

Naopak nevýhoda je ekonomická náročnost na pořízení celku zahrnující optická čidla, řídicí jednotku, servomotory, softwarové řešení a další součásti tvořící dohromady řezací jednotku. Další nevýhoda je vykonávání jen jedné operace vzhledem k ekonomické nákladnosti celku.



**Obr. 6** Schéma varianty s řezacím mechanismem. Příčně nastavitelné řezací hlavy (1)

### 3.2.3 Varianta 3 – využití mechanického prvku

Princip vychází ze současného způsobu ručního ořezávání. Metoda využívá řezacího nože vyloženého do tabule tak, aby dokázal pokrýt všechny příčné nerovnosti vzniklé technologií výroby. Pohyb nože a jeho přítlak vůči tabuli je řešen pomocí tlačné pružiny.

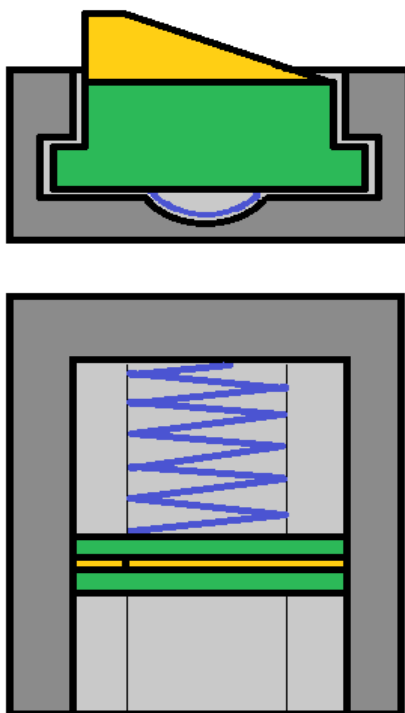
Konstrukce přípravku využívá pouzdro (obr. 7), ve kterém je pohyblivě uložen řezací nůž a jeho poloha je mobilní díky tlačné pružině. Pouzdro je vůči tabuli sklopeno tak, aby

řezací nůž mohl zajistit snadný a kvalitní řez fólie. Díky náklonu pouzdra a využití tlačné pružiny může být nůž vyložen do tabule takovým způsobem, aby pokryl příčné nerovnosti bez nutnosti přestavování své polohy pro jednotlivé tabule. Tabule skla, která pojíždí po rolnovém dopravníku svým pohybem odtlačuje řezací nůž do té doby, dokud ho má ve své trajektorii. Po odtlačení dojde díky tlačné pružině k zpětnému přitlačení nože k hraně tabule a začátku ořezávání.

Umístění přípravku je vedle (nebo na rámu) rolnového dopravníku za pozicí nalepovacího stroje (C).

Výhodou je jednoduchá konstrukce, snadná obsluha, zrychlení výrobního cyklu, možnost pokrytí veškerého výrobního sortimentu a velmi malá prostorová náročnost. Příznivé jsou i pořizovací náklady.

Nevýhoda je v častější výměně řezacího nože vlivem opotřebení.



**Obr. 7** Pouzdro s řezacím nožem

### 3.3 Výběr varianty pro podélné řezání

Pro výběr nejvhodnější varianty byla použita **metoda rozhodovací analýzy**, která účelně propojuje přednosti empirického a exaktního rozhodování.

Pro volbu vhodné varianty byla uvažována tato kritéria:

- 1) **investiční náklady** – maximální investice 500 000,- Kč
- 2) **nároky na údržbu** – jednoduchost údržby, opravy
- 3) **prostorová náročnost** – velikost stavebních úprav, umístění na lince, složitost konstrukce
- 4) **nároky na obsluhu** – výměna opotřebovaných součástí, ovládání zařízení, seřizování

**Tab. 1** Rozhodovací analýza pro výběr varianty podélného ořezávání

Párové srovnání kritérií					Matice užitenosti alternativ							
					X		1		2		3	
					Hodnota		Hodnota		Hodnota		Hodnota	
Pořadové číslo	Název kritéria	Počet voleb	Pořadí významnosti	Váha	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená
1	Investiční náklady	3	1	4	100	400	70	280	30	120	100	400
2	Nároky na údržbu	0	4	1	100	100	70	70	70	70	80	80
3	Prostorová náročnost	2	2	3	100	300	50	150	70	210	100	300
4	Nároky na obsluhu	1	3	2	100	200	80	160	80	160	80	160
Celkem								660		560		940
Užitnost v relativním vyjádření [%]								66		56		94
Pořadí alternativ podle užitenosti								2		3		1

**Pořadí variant podle výsledků rozhodovací analýzy:**

1. Varianta 3 – mechanický způsob s pružinou
2. Varianta 1 – úprava polohy tabule pomocí kuželových čepů
3. Varianta 2 – využití snímání polohy (lineární jednotka)



### 3.4 Příčné ořezávání

V zásadě jsou dva způsoby, podle kterých lze vytvořit varianty pro příčné řezání. První způsob se týká samotného nalepovacího stroje, kde modifikací příčného dělení fólie lze vytvořit způsob řezání příčných přebytků. Druhý způsob využívá mezeru mezi tabulemi vzniklou technologií výroby. Tím vzniká prostor pro umístění lineárního vedení (s přípravkem, ve kterém jsou uloženy řezací nože) do prostoru rolnového dopravníku.

První varianta vychází z úpravy mechanismu pro příčné dělení pásu fólie v rámci nalepování. Rozšiřuje řezací mechanismus o řezací nože nastavené tak, aby mohlo dojít ke snadnému a kvalitnímu oříznutí přebytků fólie.

Druhá varianta využívá pohybu linky a lineárního vedení otočeného podle parametrů (rychlostí) pohybu linky a lineárního vedení.

Třetí varianta je velmi podobná druhé variantě, zjednodušuje návrat nožů do původní polohy

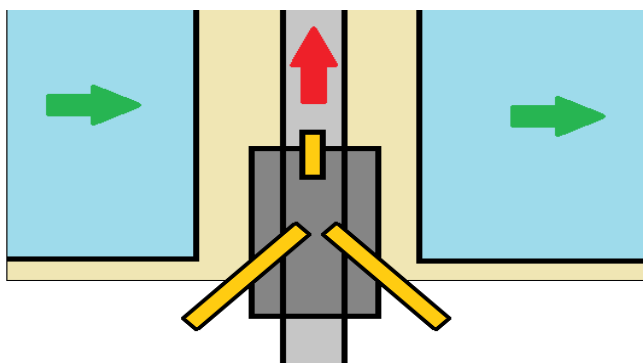
#### 3.4.1 Varianta 1 – úprava nalepovacího mechanismu

Princip vychází ze současného ručního způsobu ořezávání. Nalepovací stroj obsahuje lineární vedení s řezacím nožem, který příčně rozdělí fóliový pás v mezeře mezi dvěma tabulemi skla.

Konstrukce (*obr. 8*) využívá stávající saně lineárního vedení, na kterých je umístěn přípravek obsahující jak řezací nůž pro příčné rozdělení fólie, tak i další pár nožů vyložených a sklopených tak, aby mohly provést příčné oříznutí vzniklých přebytků.

Výhoda je využití současného lineárního vedení a jediné možnosti zastavení tabulí v rámci nalepování fólie, dále zrychlení výrobního cyklu.

Nevýhoda je malý konstrukční prostor, ve kterém je realizován přípravek pro umístění řezacích nožů.



**Obr. 8** Řezací hvězda pro příčné ořezávání

### 3.4.2 Varianta 2 – otočné lineární vedení

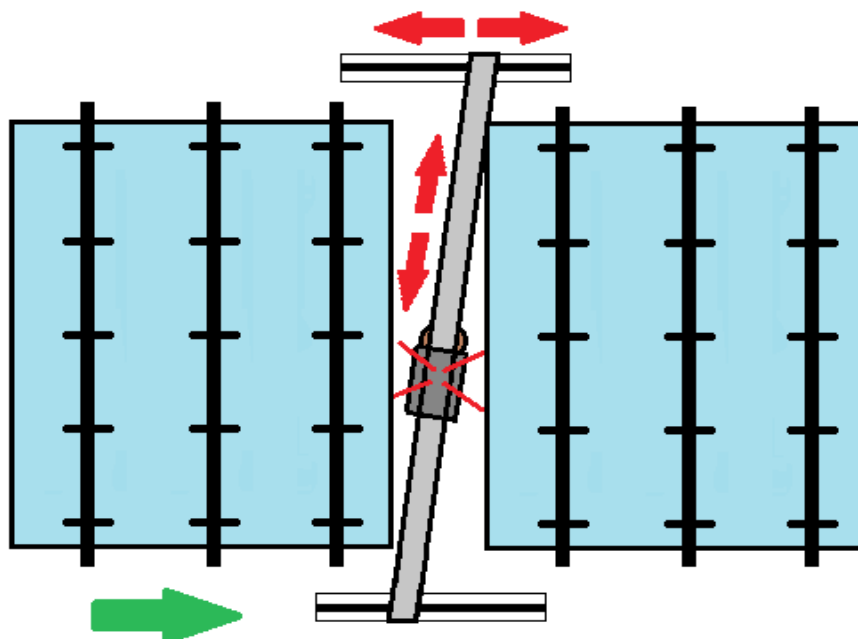
Principem je využití lineárního vedení, kde je na saních umístěn přípravek s řezacími noži. Mezerou vzniklou technologií nalepování dochází k příčnému posuvu přípravku na vedení a ořezávání přebytků. Samotné ořezávání vychází ze současného způsobu ručního ořezávání.

Konstrukce (*obr. 9*) je uzpůsobena požadavkem technologie nezastavovat pohyb tabulí během nalepování fólie. Lineární vedení je natočeno podle parametrů (rychlost pohybu tabule, rychlost pohybu saní) tak, aby celý proces ořezávání příčných přebytků mohl být kontinuální. Kontinuita posuvu tabulí způsobuje nutnost změny směru ořezávání (po dosažení krajní polohy jedné tabule je již nutné ořezávat příchozí další tabuli). Proto je vedení otočné díky středovému čepu a otočení je realizováno za pomoci pneumatického přímočarého dvojčinného válce, který mění polohu lineárního vedení a tím i směr řezání.

Z důvodu pravděpodobné kolize lineárního vedení a hřídele rolnového dopravníku, musí být jedna tato hřídel odstraněna, aby vznikl dostatečný prostor pro vedení. Celá konstrukce vedení s přípravkem je umístěna na stávajícím ocelovém rámu dopravníku.

Výhoda je bezpečnost práce, zrychlení výrobního procesu.

Nevýhoda je složité technické řešení (pohon hřídelí zasahuje do profilu lineárního vedení – nutnost úpravy pohonu), nároky na pořízení konstrukce.



**Obr. 9** Schéma příčného řezání s využitím lineární jednotky

### 3.4.3 Varianta 3 – lineární vedení

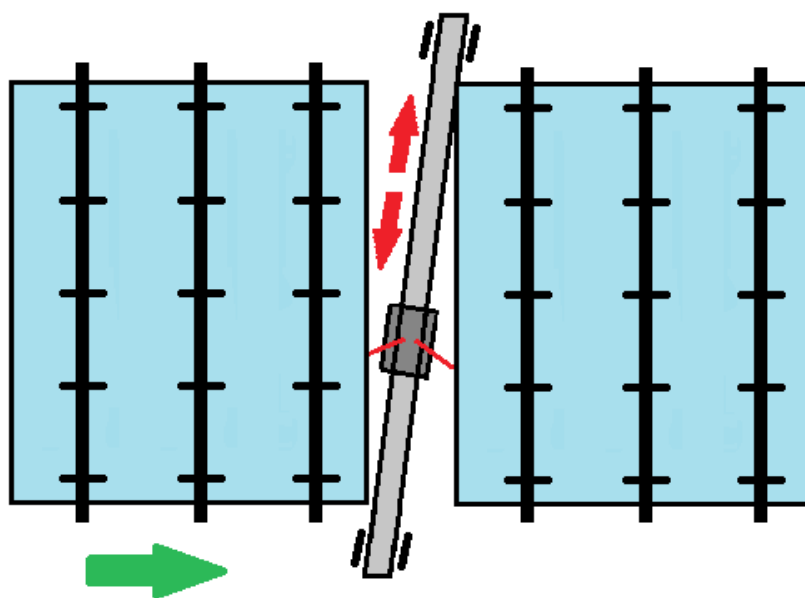
Principem je využití lineárního vedení, kde je na saních umístěn přípravek s řezacími noži. Mezerou vzniklou technologií nalepování dochází k příčnému posuvu přípravku na vedení a ořezávání přebytků. Samotné ořezávání vychází ze současného ručního ořezávání

Konstrukce (*obr. 10*) je uzpůsobena požadavkem technologie nezastavovat pohyb tabulí během nalepování fólie. Lineární vedení je natočeno podle parametrů (rychlost pohybu tabule, rychlost pohybu saní) tak, aby celý proces ořezávání příčných přebytků mohl být kontinuální. Kontinuálnost posuvu tabulí způsobuje nutnost měnění směru ořezávání (po dosažení krajní polohy jedné tabule je již nutné ořezávat další tabuli). Konstrukce přípravku obsahuje pružinu, která díky zárážkám umístěných v krajních polohách lineárního vedení umožňuje změnit polohu řezacích nožů (a poté jejich opětovný návrat do řezací polohy) tak, aby mohly být bez kolize přesunuty do výchozí polohy vedení.

Z důvodu pravděpodobné kolize lineárního vedení a hřídele rolnového dopravníku, musí být jedna tato hřídel odstraněna, aby vznikl dostatečný prostor pro vedení. Celá konstrukce vedení s přípravkem je umístěna na stávajícím ocelovém rámu dopravníku.

Výhoda je bezpečnost práce, zrychlení výrobního procesu.

Nevýhoda je složité technické řešení (pohon hřídelí zasahuje do profilu lineárního vedení – nutnost úpravy pohonu), nároky na pořízení konstrukce.



**Obr. 10** Schéma příčného řezání s využitím lineární jednotky

### 3.5 Výběr varianty pro příčné řezání

Pro výběr nejvhodnější varianty byla použita **metoda rozhodovací analýzy**, která účelně propojuje přednosti empirického a exaktního rozhodování.

Pro volbu vhodné varianty byla uvažována tato kritéria:

- 1) **investiční náklady** – maximální investice 500 000,- Kč
- 2) **nároky na údržbu** – jednoduchost údržby, opravy
- 3) **prostorová náročnost** – velikost stavebních úprav, umístění na lince, složitost konstrukce
- 4) **nároky na obsluhu** – výměna opotřebovaných součástí, ovládání zařízení, seřizování

**Tab. 2** Rozhodovací analýza pro výběr varianty příčného ořezávání

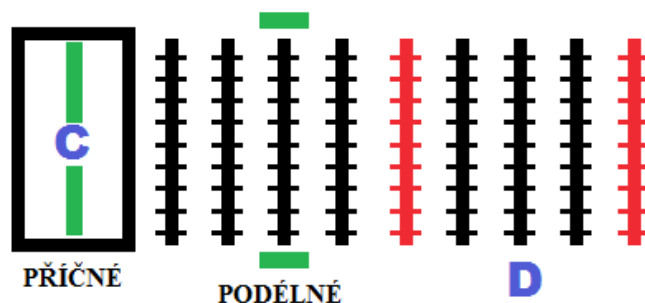
Párové srovnání kritérií					Matice užitelnosti alternativ							
					X		1		2		3	
					Hodnota		Hodnota		Hodnota		Hodnota	
Pořadové číslo	Název kritéria	Počet voleb	Pořadí významnosti	Váha	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená
1	Investiční náklady	3	1	4	100	400	100	400	60	240	70	280
2	Nároky na údržbu	0	4	1	100	100	90	90	70	70	80	80
3	Prostorová náročnost	2	2	3	100	300	100	300	40	120	50	150
4	Nároky na obsluhu	1	3	2	100	200	80	160	80	160	80	160
Celkem								950		590		670
Užitnost v relativním vyjádření [%]								95		59		67
Pořadí alternativ podle užitelnosti								1		3		2

**Pořadí variant podle výsledků rozhodovací analýzy:**

1. Varianta 1 – úprava nalepovacího mechanismu
2. Varianta 3 – lineární vedení
3. Varianta 2 – otočné lineární vedení

## 4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VYBRANÉ VARIANTY

Na základě rozhodovacích analýz byly vybrány varianty pro podélné a příčné ořezávání. Pro podélné ořezávání varianta mechanického způsobu s pružinou, pro příčné ořezávání varianta s úpravou nalepovacího mechanismu (s využitím stávajícího lineárního vedení). Umístění jednotlivých variant v rámci linky je zobrazeno na *obr. 11*. Příčné ořezávání je umístěno v prostoru nalepovacího stroje (C), podélné ořezávání na dopravníku mezi pozicemi (C) a ruční oglepení hran (D).



*Obr. 11 Umístění ořezávacích přípravků v lince*

### 4.1 Konstrukční řešení podélného ořezávání

Konstrukce se skládá z hliníkových profilů tvořící rám a pouzdra s podstavcem. V pouzdře je uložena pružina a pohyblivě pojezd, ve kterém je přitlačníkem přichycen řezací nůž (trapézová čepel), který svým břitem ořezává fólii. Pouzdro je pohyblivě uloženo do podstavce – díky tomu je umožněno nastavení polohy pouzdra v ose x vůči tabuli skla. Podstavec je šroubovým spojem za pomoci L profilu přišroubován k hliníkovému profilu. Hliníkové profily tvořící rameno pro ustavení přípravku jsou vůči sobě vzájemně nastavitelné díky t-šroubům a fixačnímu úhelníku. Nastavitelnost tohoto upevnění znamená v praxi možnost posunu v ose y vůči tabuli skla. Hliníkový profil je dále šroubovým spojem připevněn k L profilu a ten následně nerozebíratelně svarem k ocelovému rámu dopravníku.

Hliníkové profily využitě ke konstrukci stojanu pro vlastní přípravek jsou čtvercového průřezu. Tyto profily se vyrábějí v řadách s různými moduly (velikostmi průřezu) a typu drážek. Každý modul se dále vyrábí v modifikaci s různým počtem drážek (jednodrážkové, dvoudrážkové, třídrážkové) a ve třech provedeních (ekonomický, lehký, standardní), které se liší svou hmotností. Výhodou je, že se jedná o velmi jednoduchý systém, který zajišťuje rychlost montáže a variabilitu. Této vlastnosti využívají často výrobci jednoúčelových strojů, kdy mohou během vývoje operativně měnit technické řešení. V montáži se také neobjevují žádné svary a nemusí se používat žádné speciální nástroje. Ke vzájemnému spojení

hliníkových profilů přes drážky stačí šrouby, matice a fixační úhelníky. Profily jsou vzájemně kompatibilní a lze tedy celou konstrukci upravovat dle dané potřeby. Pořizovací náklady jsou sice větší, ale čím je konstrukce složitější, tím je oproti svařované konstrukci levnější. Dále se redukuje čas výroby a zároveň je zaručená pevnost, která odpovídá svařovaným konstrukcím.

Pro zvýšení bezpečnosti v ohledu na neopatrnost obsluhy lze z nabídky firmy Alutec K&K doplnit konstrukci o další hliníkový profil (se stejným způsobem upevnění na zbytek konstrukce – tedy s pomocí fixačního úhelníku), který bude podírat konstrukci.

Zvýšení bezpečnosti spojení hliníkových profilů lze opět zajistit použitím fixačních úhelníků.

### **Vyložení a sklon nože vůči tabuli skla**

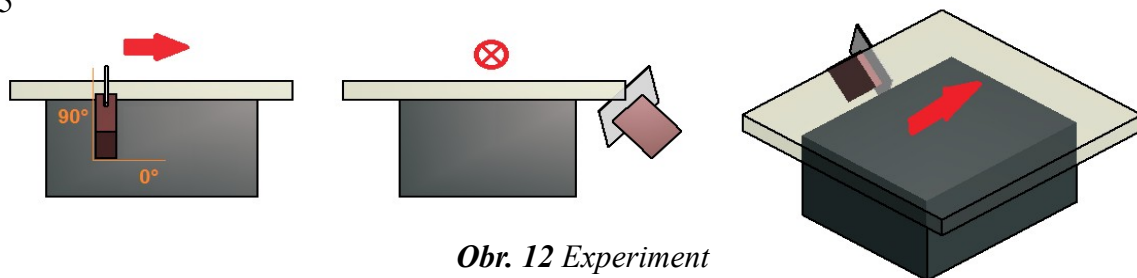
Aby byl nůž vždy v kontaktu s tabulí, musí být jeho pozice vůči tabuli taková, aby trajektorie pohybu tabule protínala řezací nůž. Tolerance příčného umístění tabule skla (doleva či doprava) vzniklá nakládkou na dopravníku je maximálně 10 mm. Proto základní vyložení nožů do tabule je vhodné nastavit na 11 mm, aby byl vždy zabezpečen kontakt nože a tabule. Protože konstrukce přípravku umožňuje nastavení pozice pouzdra vůči tabuli skla, je možné tento rozměr upravovat podle provozních podmínek. Vhodný sklon nože vůči tabuli skla byl ověřován experimentem.

### **Experiment**

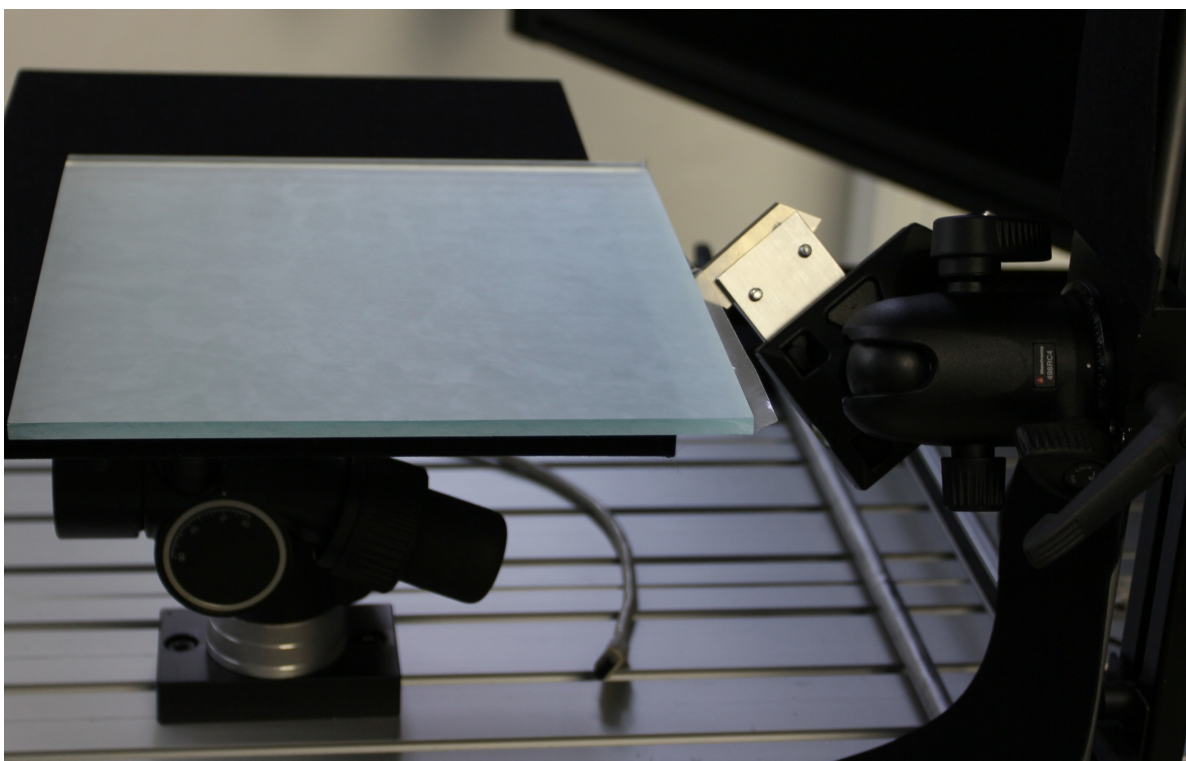
Byl proveden experiment (*obr. 11, 12, 13*) k ověření funkčnosti a zjištění nejoptimálnějšího úhlu pro ořezávání. Experiment vychází ze současného stavu a způsobu ručního ořezávání. Řezací čepel byla uchycena v úhlově nastavitelné stativové hlavě, posun tabule byl realizován ručně. Při experimentu byla využita totožná maskovací PE fólie.

Experiment probíhal při různých úhlových sklonech čepele a hodnotila se snadnost ořezávání a kvalita řezu. Začínalo se při úhlu  $90^\circ$  a postupně se po  $10^\circ$  sklon snižoval.

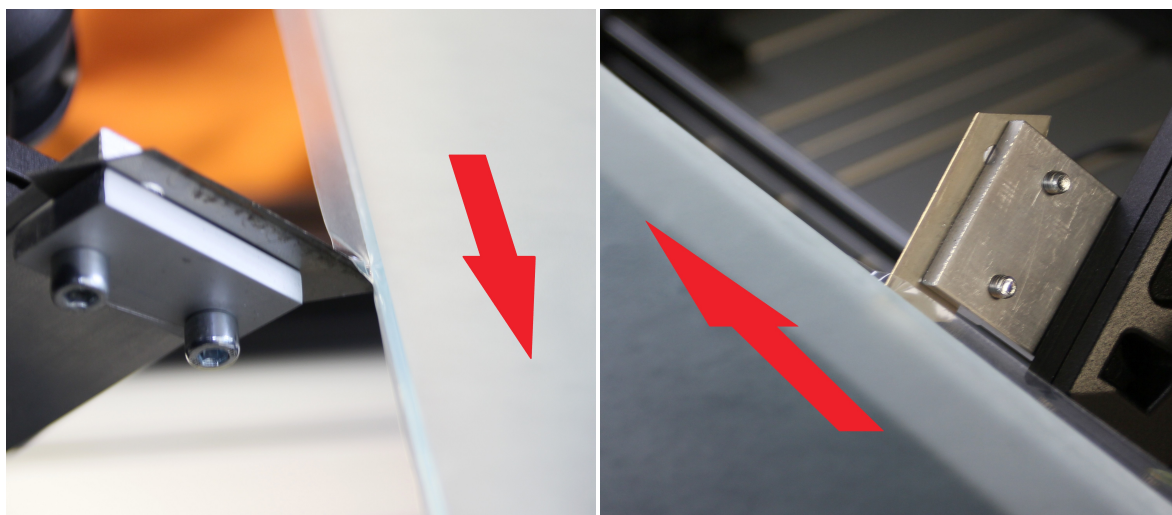
Bylo zjištěno, že nejsnazší ořezávání a nejlepší kvalita řezu je při nízkých hodnotách sklonu čepele. Avšak při nízkém sklonu čepele ( $50^\circ - 0^\circ$ ) je velmi těžké vykrýt nerovnosti příčného umístění vzniklé technologií výroby. Kompromis byl nalezen v rozsahu úhlů  $65^\circ - 55^\circ$



**Obr. 12 Experiment**



*Obr. 13 Experiment*



*Obr. 14,15 Experiment*



## Zjištění tuhosti pružiny a její parametry

Hlavním prvkem konstrukce je pružina, zajišťující přítlak při řezání a návrat nože do původní polohy.

Pružina je charakterizována především tuhostí. Tuhost  $k [N \cdot m^{-1}]$  je fyzikální veličina, která je charakteristická pro každé stlačitelné těleso. Určuje odolnost pružiny proti stlačení – tedy jaká síla je potřeba aby byla pružina stlačena o 1 [m]. V technické praxi se používá častěji jednotka  $[N \cdot mm^{-1}]$ .

hustota skla =  $2\,500\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

rychlost pojezdu tabule po dopravníku  $v = 6\text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

rozměr tabule (šířka x délka x tloušťka)  $\rightarrow$  hmotnost  $m [kg] = \text{objem } V [m^3] \cdot \text{hustota } \rho [kg \cdot m^{-3}]$

nejmenší rozměr (3210 x 2000 x 3)  $\rightarrow$  hmotnost  $m = 48,15\text{ kg}$

největší rozměr (3210 x 6000 x 12)  $\rightarrow$  hmotnost  $m = 557,8\text{ kg}$

Pomocí věty o změně kinetické energie stanovíme mezní tuhost pružiny. Pohybující se tabule skla má určitou kinetickou energii, která se při kontaktu s pružinou mění do deformační energie pružiny tak dlouho, dokud nedojde k jejímu zastavení. Pokud budeme chtít, aby tabule zastavila na krátké vzdálenosti, musíme použít tužší pružinu. Z nejmenší hmotnosti tabule, rychlosti posuvu po dopravníku a vzdálenosti, na které má dojít k zastavení tabule, získáme takovou tuhost pružiny, která se zadanými parametry bude zastavovat pohyb tabule. Proto poté využijeme měkčí pružinu, která bude jen plnit funkci zpětného přítlaku.

*Věta o změně kinetické energie*

$$E_{K1} - E_{K0} = \int_0^D F dx$$

*Změna kinetické energie hmotného bodu mezi dvěma polohami je dána prací všech sil mezi těmito polohami*

kde	$E_{K0}$	[J]	kinetická energie na začátku pohybu
	$E_{K1}$	[J]	kinetická energie na konci pohybu
	D	[m]	dráha
	F	[N]	síla



$$F = k \cdot x$$

kde  $F$  [N] síla  
 $k$  [ $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ] tuhost pružiny

$$E_{k0} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

kde  $E_{k0}$  [J] kinetická energie na začátku pohybu  
 $m$  [kg] hmotnost  
 $v$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ] rychlost

*po dosazení (záporné znaménko vynechávám, říká jen tolik, že síla od pružiny působí proti směru rychlosti desky):*

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \int_0^D k \cdot x \cdot dx$$

*po úpravě:*

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k \cdot D^2 \rightarrow k = m \cdot \left( \frac{v}{D} \right)^2$$

*Výsledkem je tuhost pružiny, která zastaví pohyb podle zadaných parametrů.*

Pro návrh pružiny použijeme nejmenší možný rozměr tabule skla - 3210 x 2000 x 3 [mm]  $\rightarrow$  hmotnost  $m = 48,15 \text{ kg}$ , rychlost pojezdu tabule po dopravníku  $v = 6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a tlačná dráha  $D = 20 \text{ mm}$  vycházející z úhlu  $65^\circ$ .

Tuhost pružiny pro nejmenší rozměr tabule skla (a tlačné dráze 20 mm), při které bude v daných podmínkách zastaven její pohyb je  $k = 1203,75 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 1,20 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$

Protože pružina v pouzdře bude použita na levé i pravé straně tabule, tak jejich řazení odpovídá paralelnímu řazení pružin, kdy celková tuhost je dána vztahem:  $k = k_1 + k_2$ .

Při zachování stejných tuhostí pružin vychází na každou stranu limitní pružina s tuhostí  $k = 0,6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$

Navržená tlačná pružina má tyto parametry:

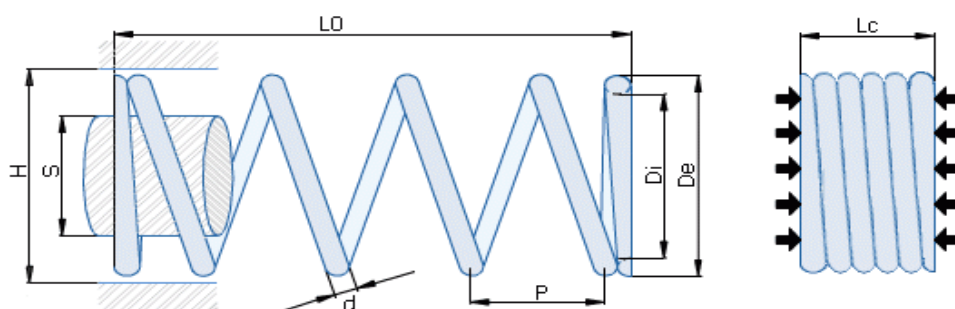
Materiál: Pružinová ocel dle EN 10270:1-SH (DIN 17223, ČSN 12 090)

Požadavek pro výrobce pružiny: provedení tvaru konce – zavřený, broušený

**Tab. 3** Rozměry pružiny

Počet závitů	5.5	Průměr vnitřní [mm]	20
Odkaz	C.242.210.0480.AP	Zablokování [mm]	12.6
Průměr drátu [mm]	2.1	Hmotnost [g]	10.423
Průměr vnější [mm]	24.2	Otvor [mm]	24.926
Délka v klidu [mm]	48	Trn [mm]	19.4
Tuhost [N/mm]	0.529753	Rozteč [mm]	12.64
Materiál	Ocelový drát	Deformace při délce [mm]	není riziko
Broušení	Ano	Max. přípustná délka [mm]	20.92

Daná pružina nebude mít dostatečnou tuhost k zastavení pohybu tabule skla, bude se stlačovat a po překročení tlačné dráhy bude plnit funkci zpětného přítlaku nože k ořezávané hraně.



**Obr. 16** Rozměry pružiny

Zobecněná síla vyvinutá pružinou

$$F_8 = \frac{G \cdot \Delta l \cdot d^4}{8 \cdot D_p^3 \cdot n} = 112,87 \text{ N}$$

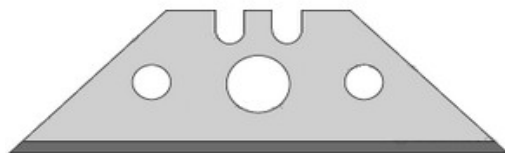
síla pružiny v aplikaci pod úhlem  $25^\circ = 102,29 \text{ N}$

kde	G	[Pa]	modul pružnosti ve smyku
	$\Delta l$	[m]	rozdíl volné délky a maximálně přípustné délky pružiny
	d	[m]	průměr pružinového drátu
	$D_p$	[m]	střední průměr pružiny
	n	[ - ]	počet závitů
	$F_8$	[N]	maximální vyvinutá síla v zatíženém stavu

## Řezací nůž

*Materiál:* uhlíková ocel (daná výrobcem) - Wr.Nr. 1.2002 (dle ČSN ocel 14 101)

Řezací nůž (řezací trapézová čepel) je z uhlíkové oceli, tvrdost 60 HRC. Tloušťka čelepe je 0,45 mm, navíc čepelka má hluboce broušené ostří, což v praxi znamená nižší řezný odpor (ostřejší úhel ostří). Pro příčné a podélné ořezávání použijeme řezací nůž s oboustranným ostřím, aby se nemuseli dodávat zvlášť nože pro podélné a zvlášť pro příčné ořezávání.



**Obr. 17** Trapézová čepel (řezací nůž)

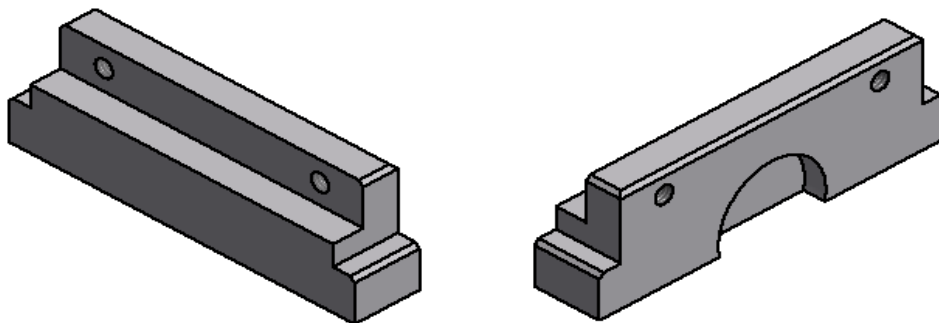
## Pojezd

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401) - slitina hliníku tvářená, pro všeobecné účely.

*Polotovar:* TYČ PLOCHÁ 20 x 35 - 85 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

Řezací nůž je umístěn v tzv. **pojezdu**. Ten je svojí konstrukcí spojen s pružinou, kopíruje tvar dutiny pouzdra a je v něm vyměnitelně uložen řezací nůž. Upnutí nože do pojezdu je pomocí přítlačníku a dvou šroubů (M5 x 16 DIN 933).



**Obr. 18** Pojezd

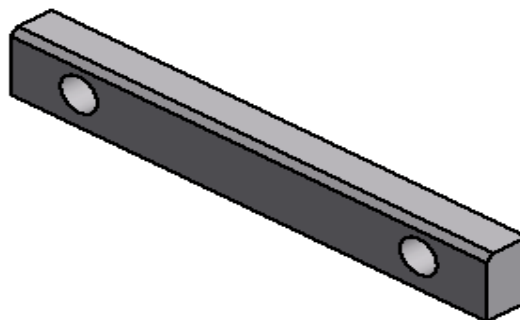
### **Přítlačník**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovár:* TYČ PLOCHÁ 20 x 10 - 75 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

**Přítlačník** plní funkci upínacího prvku pro řezací nůž.



***Obr. 19 Přítlačník***

### **Pouzdřo**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

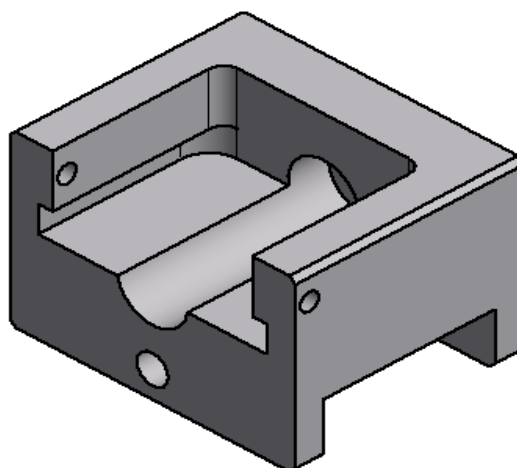
*Polotovár:* 4 HR 90 - 110 ČSN 42 7520.02

*Výroba:* třískové obrábění

V **pouzdře** je uložena pružina a pojezd s řezacím nožem. Protože je v něm uložena tlačná pružina, která má nejmenší přípustné stlačení stanoveno výrobcem na 13,90 mm, je dutina, ve které je pružina uložena, dimenzována nad tuto hodnotu. Nedojde tedy k maximálnímu stlačení pružiny. Prostor pro pružinu je vyroben s vůlí, aby mohla být pružina do dutiny vložena bez narážení.

Kluzné plochy po kterých dochází k posuvu pojezdu musí být ošetřeny olejem na kluzné plochy (např: Agip EXIDIA HG), aby nedocházelo k „zaseknutí“ pohybu.

Zajištění pojezdu proti vypadnutí/vysunutí je díky šroubu (M6 x 110 DIN 931) a matici s podložkou (M6 DIN 934 , podložka 6,4 DIN 125)



**Obr. 20** Pouzdro

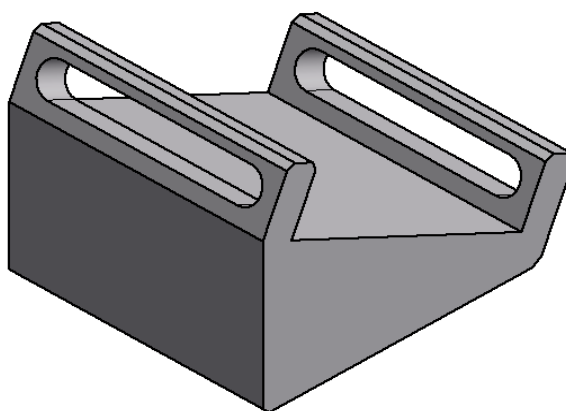
### **Podstavec**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovár:* 4 HR 90 - 110 ČSN 42 7520.02

*Výroba:* třískové obrábění

Pouzdro je posuvně uloženo v **podstavci**. Podstavec svým sklonem pod úhlem  $25^\circ$  zajišťuje správný úhel dráhy pohybu řezacího nože vůči tabuli skla. Maximální vyložení pouzdra z podstavce je 50 mm. Zajištění vůči nechtěnému posuvu je pomocí šroubu a matice s podložkou (šroub M10 x 120 DIN 931, matice M10 DIN 934, podložka 10,5 DIN 125)



**Obr. 21** Podstavec

**Příložka:**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

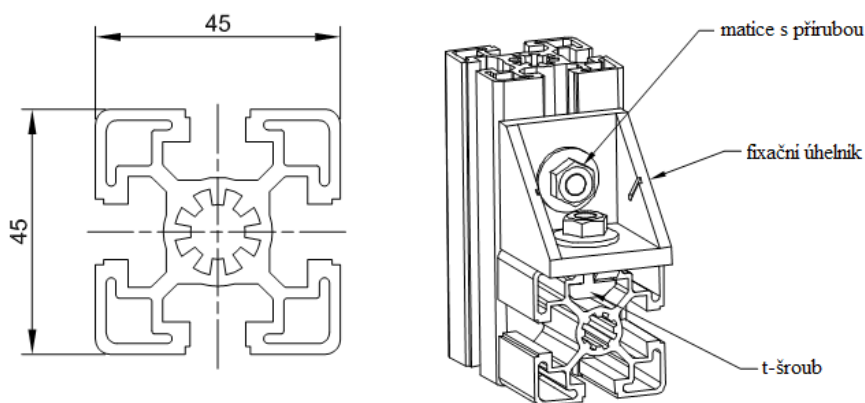
*Polotovár:* L 60 x 60 x 8 – 50 ČSN EN 755-9

*Výroba:* třískové obrábění

**Příložka** tvaru profilu L, ve které jsou vyvrtány dvojice děr pro pevné spojení podstavce a hliníkového profilu.

**ALU profil 45x45:**

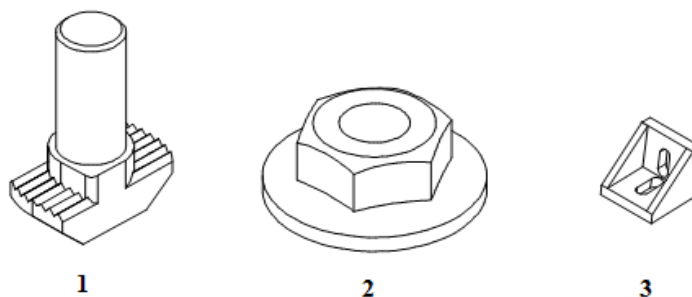
*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi 0,5F25 (dle ČSN 42 4401).



**Obr. 22** Hliníkový profil

**Hliníkové profily** firmy Alutec K&K - Modul 45 – drážka 10. Základem systému jsou přesné eloxované hliníkové profily s podélnými drážkami a otvory pro upevnění spojovacích prvků a rozsáhlého příslušenství.

Upínací prvky, díky kterým se oba hliníkové profily spojí a zajišťují posun v ose y.



**Obr. 23** Upínací prvky – t-šroub (1) , matice s přírubou (2), fixační úhelník (3)

## Spojovací díl

*Materiál:* ocel 11 373 - Neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti.

*Polotovár:* L 100 x 65 x 8 – 55 ČSN 42 5545.1

*Výroba:* třískové obrábění

**Spojovací díl** tvaru profilu L, ve které jsou vyvrtány dvojice děr pro pevné spojení hliníkového profilu a spojovací díl. Spojovací díl je nakonec pevně svarem připevněn k ocelovému rámu dopravníku.

## Stanovení osově síly šroubů pro montáž:

Výrobce šroubů (Akros) není uvedeno, jakým utahovacím momentem mají být šrouby utaženy. Stanovení osově síly v šroubu vychází z předpokladu, že každý šroub je utažen na 75% smluvní meze kluzu (obvyklá hodnota pro rozebíratelný šroubový spoj)

**Tab. 4** Mechanické vlastnosti šroubů z austenitických ocelí dle ČSN EN ISO 3506-1; ISO 3506-1

Skupina	Druh	Pevnostní třída	Rozsah průměru závitu d	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]
Austenitické	A1, A2	50	M 39	210
	A3, A4	70	M 24	450
	A 5	80	M 24	600

**Tab. 5** Rozměry metrického závitu pro stoupání  $P = 1$

Závit	$\phi d_2$ [mm]	$\phi d_3$ [mm]
M 5	4,48	4,019
M 8	7,35	6,773
M 10	9,35	8,773

*Osová síla vychází z této rovnice*

$$F_i = 0,75 \cdot R_{p0,2} \cdot A_s$$

kde	$F_i$	[N]	osová síla v šroubu - síla předpětí šroubového spoje
	$R_{p0,2}$	[MPa]	smluvní mez kluzu materiálu šroubu
	$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	výpočtový průřez šroubu

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

kde	$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	výpočtový průřez šroubu
	$d_2$	[mm]	střední průměr šroubu
	$d_3$	[mm]	malý průměr šroubu

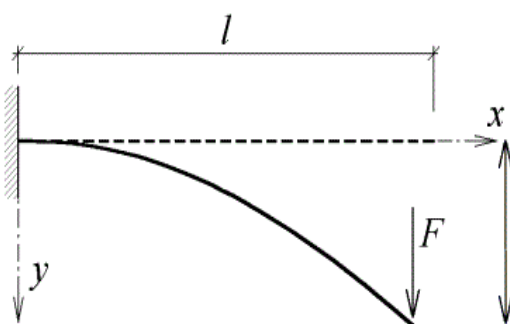
Osová síla pro šroub M5 DIN 933/A2 →  $F_i = 2\,233$  [N]

Osová síla pro šroub M8 /A2 →  $F_i = 6\,168$  [N]

Osová síla pro šroub M10 DIN 933/A2 →  $F_i = 9\,067$  [N]

Při ukončení montáže šroubového spoje existuje ve šroubu osová síla  $F_i$ . Jde tedy o sílu, která je výsledkem tlakového působení spojovaných součástí.

#### Průhyb hliníkového profilu 45x45 - 450



1) průhyb daný vlastní vahou profilu

$$f = \frac{m \cdot g \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I \cdot 10^4} \text{ [mm]}$$

2) průhyb při statickém zatížení

$$f = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I \cdot 10^4} \text{ [mm]}$$

**Obr. 24** Průhyb nosníku

kde	$m$	[kg]	hmotnost
	$g$	[m·s <sup>-2</sup> ]	gravitační zrychlení
	$L$	[mm]	délka nosníku
	$E$	[MPa]	modul pružnosti
	$I$	[cm <sup>4</sup> ]	moment setrvačnosti ( $I_x = I_y$ )

#### Výpočet průhybů (vzniklé vahou jednotlivých součástí)

Váha jednotlivých součástí dle vztahu  $m = V \cdot \rho$



*hustota hliníku*  $\rho = 2,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

*hustota oceli*  $\rho = 7,85 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

*celková váha součástí (působících vlastní vahou na konec ramena Al profilu) = 7,68 kg*

$$I = 14,084 \text{ cm}^4$$

$$L = 450 \text{ mm (váha } m = 1 \text{ kg)}$$

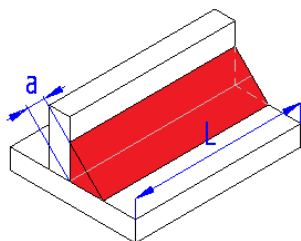
$$E = 70\,000 \text{ Pa}$$

1) průhyb daný vlastní vahou **f = 5,1 mm**

2) průhyb při statickém zatížení **f = 0,23 mm**

=> celkový průhyb = **5,33 mm**

### Kontrola svarového spoje



**Obr. 25** Koutový svar

#### 1) výpočtová délka svaru

$$l = l' - 2 \cdot a$$

#### 2) smykové napětí rovnoběžné se směrem svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l}$$

#### 3) smykové napětí kolmé na směr svaru

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{3 \cdot M_o}{a \cdot l^2} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{a \cdot l^2}$$

#### 4) celkové napětí v koutovém svaru

$$\tau = \sqrt{\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2} \leq \tau_{Dsv}$$

*pro*  $a = 5 \text{ mm}$  ;  $l' = 65 \text{ mm}$  vychází napětí 6,73 Mpa →

**vyhovuje**

kde	$l$	[mm]	výpočtová délka svaru
	$L$	[mm]	délka nosníku
	$F$	[N]	zatěžující síla
	$a$	[mm]	velikost svaru – výška rovnoramenného trojúhelníka
	$\tau$	[MPa]	napětí ve smyku
	$\tau_{Dsv}$	[MPa]	dovolené napětí ve smyku - (pro ocel 11 373 je $\tau_{Dsv} = 97,5 \text{ Mpa}$ )

## 4.2 Konstrukční řešení příčného ořezávání

Konstrukce využívá stávající lineární vedení FESTO se saněmi DPGL-25. Na saních je uložen přípravek s dvojicí řezacích čepelí. Řezací čepele jsou vyloženy takovým způsobem, který dokáže pokrýt rozdíly v mezeře vzniklé technologií výroby. Součástí konstrukce jsou další dvě čepele, které zajišťují příčné dělení fóliového pásu před samotným ořezáváním vzniklých přebytků.

Ořezávání přebytků vychází ze současného ručního způsobu. Nosným prvkem přípravku je pant s dvojicí pružin. Pružiny mají za úkol plnit funkci přitlaku čepelí k hraně tabule a návrat pantu do původní polohy. Pant zajišťuje oboustranné využití řezacích čepelí a kompenzaci rozdílu v šíři mezery. Sklon nožů pro ořezávání je opět dán výsledky experimentu. Základní úhel je 25°, při asymetrii mezery dochází k většímu sklopení (až na úhel 45°).

Z důvodu asymetrie je i horní díl pantu rozdělen na dvě části – levou a pravou, které mohou být na sobě nezávisle naklápěny v závislosti na šíři a asymetrii mezery.

### Zjištění tuhosti pružiny a její parametry

nejmenší rozměr tabule skla (3210 x 2000 x 3) → hmotnost  $m = 48,15 \text{ kg}$

*Opět využijeme větu o změně kinetické energie.*

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k \cdot D^2 \rightarrow k = m \cdot \left(\frac{v}{D}\right)^2$$

*Výsledkem je tuhost pružiny, která zastaví pohyb podle zadaných parametrů.*

Pro návrh pružiny použijeme nejmenší možný rozměr tabule skla - 3210 x 2000 x 3 [mm] → hmotnost  $m = 48,15 \text{ kg}$ , rychlost pojezdu saní po lineárním vedení  $v = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a tlačná dráha  $D = 15 \text{ mm}$  vycházející z úhlu 65°.

Tuhost pružiny pro nejmenší rozměr tabule skla (a tlačné dráze 15 mm), při které bude v daných podmínkách zastaven pohyb saní je  $k = 655 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ . Je to poměrně velká tuhost. V našem případě stačí tuhost pružiny  $k = 5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$

Navržená tlačná pružina má tyto parametry:

Materiál: Pružinová ocel dle EN 10270:1-SH (DIN 17223, ČSN 12 090)

Požadavek pro výrobce pružiny: provedení tvaru konce – zavřený, broušený

**Tab. 6** Rozměry pružiny

Počet závitů	10.4	Průměr vnitřní [mm]	8.2
Odkaz	C.110.140.0320.A	Zablokování [mm]	15.26
Průměr drátu [mm]	1.4	Hmotnost [g]	3.810537
Průměr vnější [mm]	11	Otvor [mm]	11.22
Délka v klidu [mm]	38	Trn [mm]	8.036
Tuhost [N/mm]	5.20	Rozteč [mm]	3.45
Materiál	Ocelový drát	Deformace při délce [mm]	není riziko
Broušení	Ano	Max. přípustná délka [mm]	17.26

Daná pružina nebude mít dostatečnou tuhost k zastavení pohybu čepelí na saních, bude se stlačovat a po překročení tlačné dráhy bude plnit funkci zpětného přítlaku nože k ořezávané hraně.

*Zobecněná síla vyvinutá pružinou*

$$F_8 = \frac{G \cdot \Delta l \cdot d^4}{8 \cdot D p^3 \cdot n} = 59,45 \text{ N}$$

*síla pružiny v aplikaci pod úhlem 25° = 53,87 N*

## Řezací nůž

Pro příčné dělení a ořezávání se využívá stejná trapézová čepelka – viz kap. 4.1 str. 35

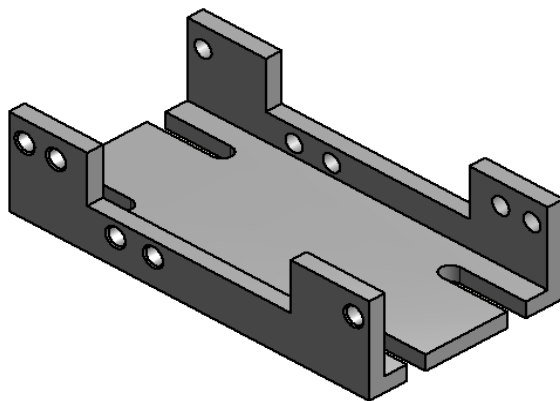
## Základna

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovár:* TYČ PLOCHÁ 70 x 40 - 120 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

Na saně lineárního vedení FESTO za pomoci upínacích prvků FESTO (kameny do drážky NSTL-25) a šroubů (M5 x 10 DIN 933) je přišroubována **základna**. Jedná se o lože, do kterého jsou dále připevňovány další komponenty tvořící celý přípravek.



**Obr. 26** Základna

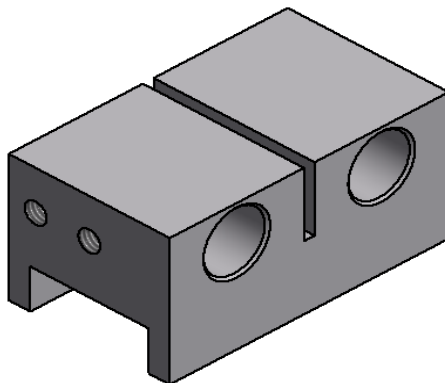
### **Spojovací díl**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovar:* TYČ PLOCHÁ 40 x 30 - 60 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

Na základnu je pomocí šroubů (M5 x 12 DIN 933) přišroubován **spojovací díl**. Ten svojí konstrukcí umožňuje uložení rozdělovací trapézové čepele (k rozdělení fóliového pásu) a dvojice pružin.



**Obr. 27** Spojovací díl

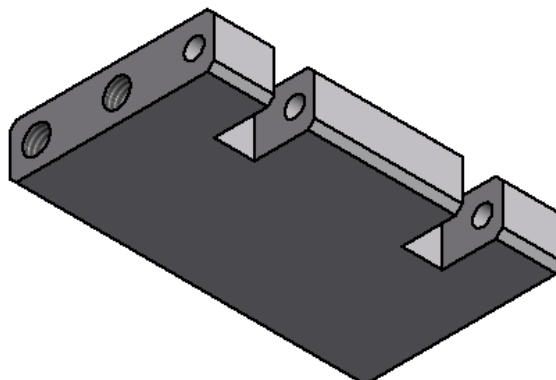
### **Pant (spodní část)**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovar:* TYČ PLOCHÁ 35 x 12 - 60 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

Na základnu je pomocí šroubů (M5 x 12 DIN 933) přišroubována **spodní část pantu**. Spojení obou částí pantu je díky středové osičce.



**Obr. 28** Pant (spodní část na saně)

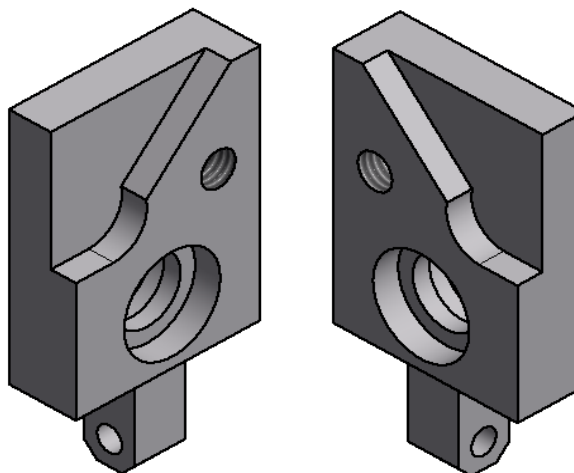
#### **Pant (horní část)**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

*Polotovár:* TYČ PLOCHÁ 25 x 12 - 45 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

**Druhá část pantu (horní)** obsahuje dutinu pro trn (válcový kolík) k uložení pružiny. Uložení trnu do pantu je pevné s malým přesahem. Montáž uložení lisováním malou silou. Ořezávací čepele uložené v pantu (horní část) mají přesně vymezenou polohu a jsou upnuty za pomoci příložek. Vzniklé rádiusové vybrání je z důvodu lepší vyrobitelnosti ploch pro uložení čepelí.



**Obr. 29** Pant (horní část pro čepelky)

## Osička

*Materiál:* ocel 11 140 – Automatová ocel je vhodná na součásti staticky namáhané, vyráběné na automatech, s požadavkem zvlášť zvýšené obrobiteľnosti, jako spojky, pouzdra, čepy, zátky, kolíky apod.

*Polotovár:* KR 6h11 – 65 ČSN 42 6510.12

*Výroba:* třískové obrábění

**Osička** funguje jako střed otáčení a spojení obou částí pantu.



**Obr. 30** Osička

### Kontrola osičky pantu (na otlačení, na střih)

materiál: ocel 11 140 → mez pevnosti v tahu  $R_m = 660 \text{ MPa}$  → dovolené napětí v tlaku  $\sigma_{DOV} = 396 \text{ MPa}$  ; dovolené napětí ve smyku  $\tau_{DOV} = 237,6 \text{ MPa}$

#### kontrola na otlačení

$$\sigma_I = \frac{F}{S} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow \sigma_I = \frac{F}{a \cdot d} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow \sigma_I = 3,33 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

$$\sigma_{II} = \frac{F}{S} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow \sigma_{II} = \frac{F}{2 \cdot d \cdot b} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow \sigma_I = 1,11 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

#### kontrola na střih

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_{DOV} \rightarrow \tau = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{DOV} \rightarrow \tau = 4,24 \text{ MPa} \leq \tau_{DOV}$$

kde	a	[mm]	rozměr pantu
	b	[mm]	rozměr pantu
	F	[N]	zatěžující síla
	d	[mm]	průměr osičky

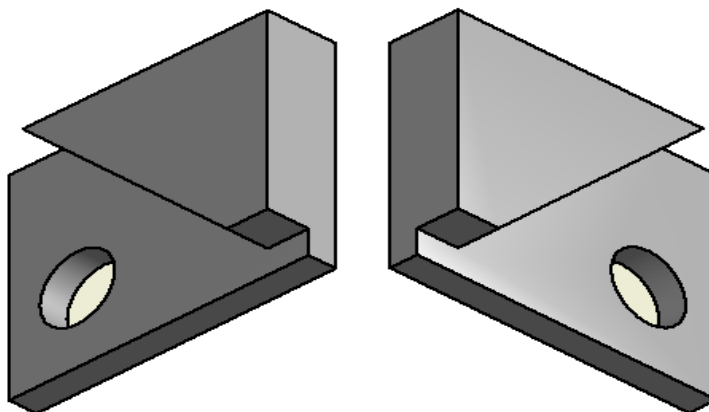
## **Příložka**

*Materiál:* hliníková slitina AlMgSi (dle ČSN 42 4401)

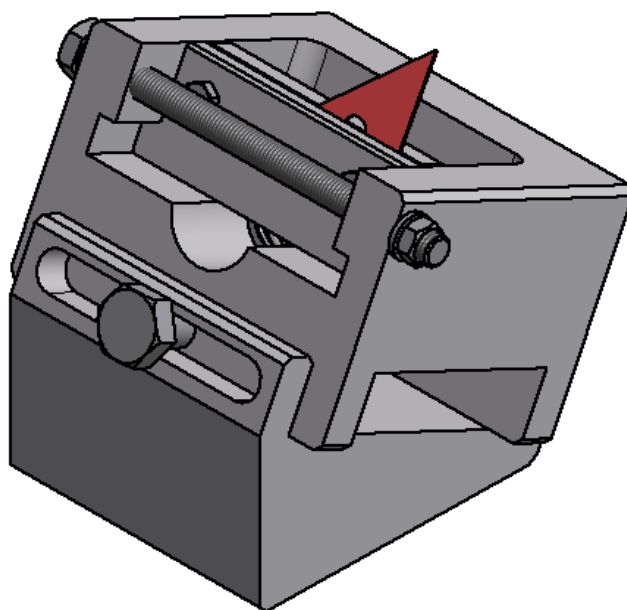
*Polotovár:* TYČ PLOCHÁ 20 x 8 - 25 ČSN 42 7524

*Výroba:* třískové obrábění

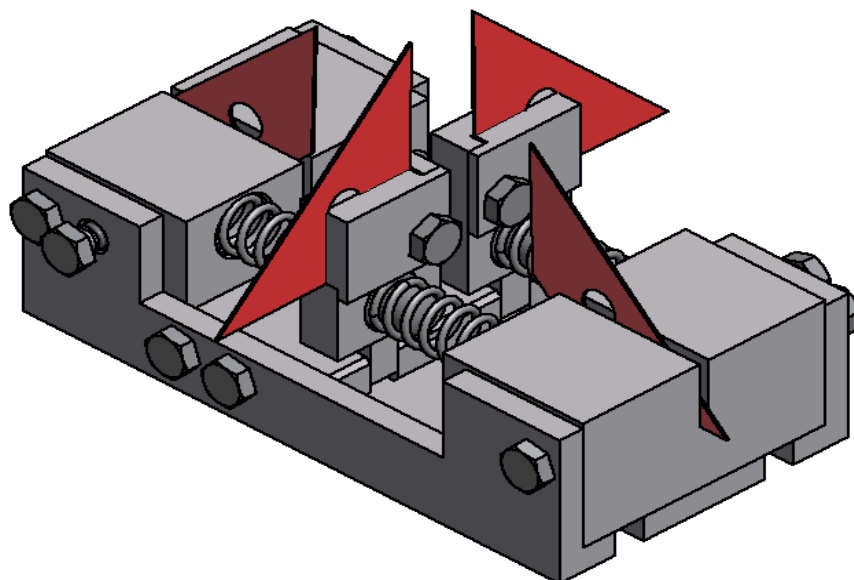
Upínací prvek pro pevné rozebíratelné spojení ořezávací čepele a pantu (horní část).  
Spojení upínací příložky je pomocí šroubů (M5 x 10 DIN 933)



**Obr. 31** Příložka (levá, pravá)



**Obr. 32** Sestava pouzdra pro podélné ořezávání



**Obr. 33** Sestava přípravku pro příčné dělení a ořezávání



## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Protože se nejedná o sériovou výrobu určenou pro komerční prodej, ale o výrobu na zakázku, je těžké určit konečnou cenu výroby celé konstrukce. Výrobci materiálu/polotovaru u svých produktů uvádějí cenu za 1 m nebo 1 kg odebraného materiálu. Je pak na dohodě mezi zákazníkem a výrobcem, jestli bude výroba provedena z vlastního materiálu (dodané zákazníkem), nebo se o celkové zajištění výroby postará výrobce.

### **Náklady:**

Cena na výrobu kusového výrobku se pohybuje v rozmezí 400-600 Kč/hod. Pracnost součástí na výrobu je dána především vypracováním technologického a pracovního postupu (určení dráhy nástrojů, počet nástrojů, upínání, řezné podmínky). Na výrobu celku pro podélné i příčné ořezávání bude potřeba kolem 50 hodin práce. S každým dalším opakováním výroby totožné součásti se konečná cena výrobu pro zákazníka snižuje.

Cena výroby součástí (příčné i podélné ořezávací přípravky) – 25 000,- Kč

Cena materiálu (hliníková slitina AlMgSi, ocelové profily) – 400,-Kč

Cena hliníkových profilů + příslušenství – 300,- Kč

Cena spojovacího materiálu – šrouby, matice, podložky (včetně náhradních dílů) - 100,- Kč

Cena pružin (včetně náhradních pružin) – 600,- Kč

Cena řezacích čepelí (balení po 10 ks) – 100,- Kč

Cena investice do zpracování projektu a realizaci odsávání – 100 000,- Kč

Cena montáže na linku + zprovoznění – 15 000,- Kč

Celková jednorázová investice – 141 500,- Kč

*pozn.: ceny výroby, materiálů a spojovacích dílů se mohou lišit podle různých dodavatelů či výrobců*

### **Odhadované provozní náklady (na osmihodinovou směnu):**

Výměna opotřeбенých čepelí (6 kusů na směnu) - 50,- Kč

Cena energií pro odsávání (příkon 5kW – provoz 8h/směna ; cena energie za 1 kWh = 11 ,-Kč) - 440,- Kč/směnu

Celkový odhad provozních nákladů pro osmihodinový (jednosměnný) provoz: 500,-

*pozn.: cena energie se může lišit podle dodavatele a podle použitého odsávání*

**Úkony obsluhy při provozu:**

1 x za směnu výměna čepelí (6 kusů)

1 x týdně mazání kluzných ploch v pouzdře pro podélné ořezávání

Lepení boční ochranné folie na tabule skla (je-li třeba)

**Úspora:**

Díky usnadnění výroby odpadá nutnost na jednu linku využívat současný počet zaměstnanců (2/směna). Pokud budeme uvažovat o mzdových nákladech 30 000,- Kč/osoba, jedná se jen na těchto nákladech o roční úsporu 360 000,- Kč/osoba při jednosměnném provozu (bez dalších mzdových ohodnocení). Při dvousměnném provozu, mzdových odměnách (13 a 14 plat) a dalších úsporách (pracovní a ochranné pomůcky, stravování, apod.) je možné dosáhnout úspory blížící se částce 900 000,- Kč ročně.

**Návratnost investice:**

Návratnost celé investice do obou přípravků včetně odsávání je za 2,5 měsíce od pořízení a instalaci obou ořezávacích přípravků.

**Možnost opotřebení:**

Přípravek pro podélné ořezávání musí být před sériovým nasazením vyzkoušen z hlediska extrémního opotřebovávání ořezávacího nože. Pokud by se přílišné opotřebení prokázalo, musí být konstrukce upravena tak, aby se opotřebovávání minimalizovalo. Úprava by spočívala ve změně pohyblivosti řezacího nože., případně zaměnit a využít řezací kolečko.

## 6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala vytvořením několika návrhů možností automatizace ořezávání stran tabule skla ve výrobním procesu matovaných skel Matelux ve výrobní společnosti AGC Flat Glass Czech a.s., člen AGC Group, Závod Barevka (Dubí u Teplic). V první části jsou shrnuty poznatky o průběhu výroby – tedy popis výrobní linky a jejích jednotlivých částí. Dále byl popsán problém, který se stal předmětem této práce – přesah maskovací fólie přes tabuli skla a způsob jejího odstranění.

Hlavním těžištěm práce bylo vytvoření několika návrhů jak lze zautomatizovat proces odstraňování přesahující fólie. Na základě poznatků z průběhu výroby, uspořádání linky a prostorových omezení byly vytvořeny varianty, jak lze problém vyřešit. Varianty se od sebe liší jednak technickým řešením, jednak náklady na pořízení a realizaci, velikostí zásahu do linky a změnou pracovní náplně obsluhy.

Na základě rozhodovacích analýz byly vybrány nejvhodnější varianty pro podélné a příčné ořezávání.

Pro podélné ořezávání bylo nejdůležitějším parametrem zjistit a navrhnout tuhost pružiny tak, aby nedocházelo k zastavení tabule a tím pádem i celé linky. Byl použit zákon o změně kinetické energie takovým způsobem, kdy se zjistila mezní tuhost pružiny (podle daných parametrů tabule skla – rychlost, hmotnost), která by dokázala zastavit posun tabule. Z katalogu výrobce pružin Vanel byla vybrána podle zjištěné tuhosti vhodná tlačná pružina a její následné rozměry. Díky rozměrům pružiny mohlo být navrženo pouzdro, ve kterém se na pružině pohybuje řezací nůž. V rámci konstrukčních podmínek bylo pouzdro navrženo tak, aby dokázalo společně s ořezávacím nožem kompenzovat příčný posun tabule skla. Rozměry samotné konstrukce dávají důraz na snadnou vyrobiteľnost, montáž a provoz.

Pro příčné ořezávání bylo nutné navrhnout takové řešení, které umožní oboustranné dělení fóliového pásu a ořezávání vzniklých příčných přebytků. Nosnými prvky jsou opět pružiny, připevněné k otočnému pantu, který svojí konstrukcí umožňuje oboustranné ořezávání a kompenzaci asymetrie vzniklé mezery (dané technologií výroby). Návrh pružiny byl totožný jako u podélného ořezávání.

V práci jsou shrnuty náklady na pořízení (tj. nákup normalizovaných a výrobu nenormalizovaných součástí), instalaci a provoz. Dále uvedeny předpokládané úspory.

Povinnosti obsluhy po využití obou přípravků pro ořezávání sestávají z kontroly a údržby zařízení a aplikace ochranné pásky (pokud je třeba).

Výkresy jednotlivých nenormalizovaných prvků jsou přiloženy ve výkresové dokumentaci. Výkresová dokumentace byla vytvořena ve výukové verzi programu Autodesk AutoCAD 2012

## Seznam použité literatury

- [1] AGC. *Pracovní postup: ochrana spodního povrchu skla*. Dubí, 2009.
- [2] SKLOPAN. *Technická dokumentace výrobce skla Matelux*. Liberec, 2005.
- [3] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Praha, 2000. ISBN 80-7183-164-6
- [4] VANEL. *Vyhledávání pro tlačné pružiny* [online]. c2010, poslední revize 17.5.2012 [cit. 2012-03-10]. <<http://www.vanel.com/compression-simple-search.php/>>
- [5] AKROS. *Katalog spojovacího materiálu* [online]. c2011, poslední revize 17.5.2012 [cit. 2012-03-13]. <<http://www.akros.cz/srouby-se-sestihrannou-hlavou-din-933/a2/prod/>>  
<<http://www.akros.cz/srouby-se-sestihrannou-hlavou-s-drikem-din-931/a2/prod/>>  
<<http://www.akros.cz/matice-sestihranne-08-d-din-934/a2/prod/>>  
<<http://www.akros.cz/podlozky-ploche-din-125a/a2/prod/>>
- [6] ALUTECK&K, a.s. *Katalog produktů* [online]. c2010, poslední revize 17.5.2012 [cit. 2012-03-15]. <<http://aluteckk.cz/katalog/katalog.php/>>
- [7] LUTZ-BLADES. *Trapézové čepele* [online]. c2006, poslední revize 17.5.2012 [cit. 2012-03-15]. <<http://www.lutz-blades.com/nc/cz/produkty/cepelky-podle-tvaru/trapezove-cepelky.html/>>
- [8] FERONA: *Katalog hutního materiálu* [online]. c2012, poslední revize 17.5.2012 [cit. 2012-03-22]. <<http://www.ferona.cz/>>

## Seznam výkresové dokumentace

### Podélné ořezávání

3-BP S11000555-1-0-0	AUTOMATICKÉ PODÉLNÉ OŘEZÁVÁNÍ
3-BP S11000555-1-1-0	PODÉLNÁ OŘEZÁVACÍ JEDNOTKA
4-BP S11000555-1-1-2	PŘÍTLAČNÍK
4-BP S11000555-1-1-3	POJEZD
3-BP S11000555-1-1-4	POUZDRO
3-BP S11000555-1-1-11	PODSTAVEC
4-BP S11000555-1-1-15	PŘÍLOŽKA
4-BP S11000555-1-1-22	SPOJOVACÍ DÍL

### Příčné ořezávání

3-BP S11000555-2-0-0	PŘÍČNÁ OŘEZÁVACÍ JEDNOTKA
3-BP S11000555-2-0-1	ZÁKLADNA
3-BP S11000555-2-0-2	SPOJOVACÍ DÍL
4-BP S11000555-2-0-8	PANT (HORNÍ) LEVÝ
4-BP S11000555-2-0-9	PŘÍLOŽKA LEVÁ
4-BP S11000555-2-0-10	PŘÍLOŽKA PRAVÁ
4-BP S11000555-2-0-11	PANT (HORNÍ) PRAVÝ
4-BP S11000555-2-0-12	PANT (SPODNÍ)
4-BP S11000555-2-0-13	OSIČKA